


FONDO PIZZOFALCONE



HISTOIRE
PHILOSOPHIQUE
DES PROGRÈS
DE LA PHYSIQUE.
TOME III.

HISTOIRE

PHILOSOPHIQUE

DES PROGRÈS

DE LA PHYSIQUE,

PAR A. LIBES.

L'histoire du monde sans l'histoire des sciences
est comme la statue de Polyphème, sans œil.
Le Chancelier BACON.

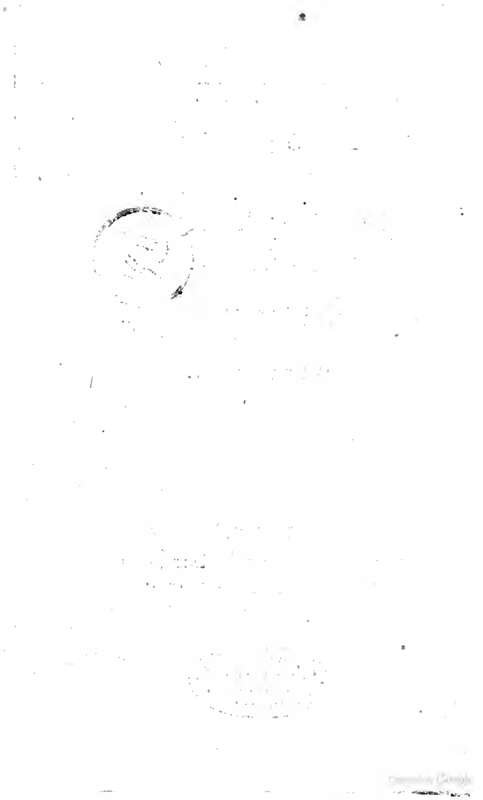
TOME TROISIÈME.



PARIS,

Chez Mme Ve COURCIER, Imprimeur-Lib., pour les
Mathématiques, quai des Augustins, n° 57.

1812.



HISTOIRE
PHILOSOPHIQUE
DES PROGRÈS
DE LA PHYSIQUE.

LIVRE III.

Histoire philosophique des progrès de la Physique depuis Newton jusqu'à la naissance de la Chimie pneumatique, c'est-à-dire jusque vers la fin du dix-huitième siècle.

CHAPITRE PREMIER.

Tableau des progrès de la Physique entre les mains de Newton.

§ Ier.

En entrant dans la carrière de la philosophie naturelle, Newton (1) trouva des sentiers tracés,

---

(1) Izaac Newton, né à Wolstrop le 25 décembre 1642, mort le 20 mars 1727.

des morceaux de terrein défrichés avec soin; quelques-uns même cultivés avec art par des mains industrieuses et habiles. Il falloit perfectionner cette culture et l'étendre jusqu'aux confins de l'immense domaine de la nature. Newton forme cette belle et hardie entreprise. Le desir de la réaliser s'enflamme par les obstacles : ils doublent les forces de son génie. Il prend le vol de l'aigle, s'élève à une hauteur que l'esprit humain n'avoit encore pu atteindre, embrasse d'un seul regard tous les faits isolés de l'univers, les dispose avec ordre, et compose la chaîne qui constitue la science.

§ II.

Une molécule de matière, arrachée au repos par une seule impulsion, se mouvroit constamment, suivant la même direction et avec la même vîtesse, abstraction faite des obstacles. Si la molécule est animée par deux forces angulaires, son mouvement est encore rectiligne et uniforme; elle décrit la diagonale du parallélogramme formé sur les directions de ces forces. Mais si de ces deux forces imprimées à la molécule, l'une est constante et uniforme; l'autre dirigée vers un point fixe, la molécule parcourt une suite de diagonales infiniment petites, infiniment in-

clinées les unes aux autres, qui sont les élémens d'une courbe. En se combinant, ces deux forces en engendrent une nouvelle qui sollicite la molécule à s'éloigner du centre du mouvement. Lorsque la courbe décrite est circulaire, la force centrale (1) et la force centrifuge (2) ont le même degré d'intensité ; et cela arrive, quand la force de projection (3) étant perpendiculaire à la force centrale, cette dernière égale celle qu'acquerroit la molécule parcourant la moitié du rayon en vertu de sa pesanteur.

Ces principes étoient connus. Descartes, Galilée et Huyghens se partagent la gloire d'en avoir découvert l'existence; mais il falloit, j'ose le dire, un génie aussi vaste, aussi puissant que celui de Newton pour leur donner la certitude, l'éclat et la généralité qui les distinguent.

---

(1) La force centrale est celle qui sollicite un corps à se mouvoir constamment vers un point fixe : elle est connue aussi sous le nom de *force centripète*.

(2) La force centrifuge est cette force en vertu de laquelle un corps qui décrit une courbe, tend à s'éloigner du centre vers lequel il est sollicité par la force centrale.

(3) La force de projection est cette force par laquelle un corps est lancé dans une direction, soit perpendiculaire, soit parallèle, soit oblique à l'horizon.

Lorsqu'un corps se meut dans une courbe, son rayon vecteur, c'est-à-dire la droite menée du centre des forces au point où se trouve le corps, décrit des aires proportionnelles aux temps. Cette loi déjà observée par Képler, reçoit de Newton une nouvelle garantie; et c'est la Géométrie qui lui en fournit le moyen. Etranger aux Physiciens avant Descartes, cet instrument devient entre les mains de Newton plus pénétrant et plus aigu; et il le manie avec cette dextérité qui prépare, qui promet les découvertes. Bientôt il dévoile les lois suivant lesquelles tout mouvement curviligne s'exécute : il fait voir que la force qui fait décrire à un corps une section conique en le sollicitant vers l'un des foyers, est réciproque au carré de la distance; et de toutes ces vérités réunies, il compose un faisceau de lumière, qui répand la plus vive clarté sur le mécanisme du système planétaire.

§ III.

Le hasard, à proprement parler, n'enfante point les découvertes; il fait naître des circonstances plus ou moins favorables à leur production; mais l'homme de génie a le privilége exclusif de les saisir, et de leur donner une heureuse fécondité. Le spectacle des corps

tombant sur la surface de la terre, est un spectacle vulgaire généralement contemplé avec une froide indifférence. Newton y découvre le phénomène et les lois de la pesanteur. Il peut se faire, dit ce philosophe, que la cause qui détermine leur chute étende beaucoup plus loin son empire; et que la lune éprouve, comme les corps terrestres, à chaque instant son influence, avec cette différence remarquable, que l'action de cette force diminuant à différentes hauteurs, est beaucoup moindre pour la lune.

Un simple raisonnement fondé sur les découvertes de Képler, va dévoiler à Newton l'importante loi de cette variation. S'il est vrai que la pesanteur de la lune vers la terre la retient dans son orbite, il en est de même des planètes à l'égard du soleil, des satellites à l'égard de leurs planètes respectives. Newton compare les distances des planètes avec les temps de leurs révolutions; il trouve les forces centrifuges et les forces centrales qui les animent, réciproques aux carrés des distances, et il en conclut que la lune est enchaînée dans son orbite, par la pesanteur diminuée dans le rapport inverse du carré de sa distance au centre de la terre.

Pour confirmer cette conclusion, concevons

avec Newton, la lune dépouillée de sa force de projection, et livrée à la force centrale qui la sollicite vers la terre, elle parcourroit dans une minute le sinus-verse de l'arc qu'elle décrit dans le même temps. Ce sinus-verse égale le carré de l'arc divisé par le diamètre, et le quotient de cette division est quinze pieds (1). Or les corps terrestres abandonnés à leur pesanteur, parcourent quinze pieds dans une seconde; et conséquemment, d'après la loi découverte par Galilée, quinze pieds multipliés par 3600 dans une minute. La pesanteur des corps terrestres est donc, dans le même temps donné, 3600 fois plus grande que celle de la lune, et précisément dans le rapport inverse du carré de la distance au centre de la terre.

§ IV.

Copernic, Képler et Hook avoient pensé, avant Newton, qu'il existe dans tous les corps de l'univers, une force qui détermine leur tendance réciproque. Mais les efforts de ces philosophes pour connoître la loi de l'affoiblissement de cette force, allèrent se briser contre les difficultés de

(1) *Voyez* la note première du troisième livre.

l'entreprise : il falloit pour les vaincre le génie de Newton.

Tous les corps tendent à s'approcher les uns des autres en vertu d'une force réciproque au carré de la distance. Cette tendance est un phénomène donné par l'observation ; et Newton la désigne sous le nom d'*attraction*, quelle que soit la cause qui lui donne naissance : elle appartient à chaque molécule de matière, et l'attraction d'un corps n'est autre chose que la somme des attractions de toutes ses plus petites particules. Enfin cette tendance est réciproque. La lune et la terre, le soleil et les planètes tendent les uns vers les autres avec des forces égales, parce qu'il n'y a jamais d'action sans réaction égale et opposée. Gardons-nous d'en conclure que la tendance du soleil vers les planètes doit détruire son immobilité (1). Lorsque les forces sont égales, les vîtesses sont réciproques aux masses ; et comme la masse du soleil est, pour ainsi dire, infiniment plus grande que celle des planètes, la vîtesse du soleil est infiniment petite par rapport à celle des planètes vers cet astre.

(1) *Voyez* la note 2 du troisième livre.

§ V.

Descartes a eu, le premier, l'idée hardie de ramener à une cause unique les phénomènes du ciel et les phénomènes de la terre; mais c'est à Newton qu'est dû l'honneur de la réaliser. L'attraction proportionnelle à la masse et réciproque au carré de la distance, devient entre ses mains le grand ressort de l'univers: dans le ciel elle donne l'immobilité à l'astre qui nous éclaire; elle se combine avec une force de projection pour donner aux planètes et aux satellites un mouvement elliptique; et les altérations que ces divers mouvemens éprouvent, loin de contrarier les lois qui la maîtrisent, ont servi utilement à en confirmer l'existence: sur la terre elle donne aux fluides répandus par gouttes sur un plan horizontal, la forme qui les distingue; elle empêche les molécules des solides de céder à l'action du calorique, qui les sollicite sans cesse à s'écarter et à se dissiper dans l'espace. Par elle, deux marbres dont la surface est bien polie résistent fortement à leur séparation; et les liqueurs franchissent dans les tubes capillaires la limite de niveau que leur a fixé la nature; elle produit les combinaisons, les dissolutions et les décomposi-

tions chimiques; enfin l'attraction fait descendre les corps abandonnés à eux-mêmes, suivant une direction verticale; et quoique son action soit réciproque au carré de la distance, leur mouvement s'accélère toujours uniformément, parce que toutes les molécules du globe terrestre attirent, comme si elles étoient réunies au centre (1), et que la différence des distances des corps, dans les divers points de leur chute, est insensible par rapport à la distance de 1500 lieues qui les sépare du centre de la terre. Ce dernier phénomène n'a lieu que lorsque les corps terrestres obéissent exclusivement à l'attraction de la terre. Mais si à cette force qui les sollicite vers le centre, se joint une force de projection, ils décrivent une courbe parabolique; et si la force de projection étoit assez grande, ils deviendroient, comme la lune, des satellites de la terre.

§ VI.

Un corps pesé à la surface de la terre, auroit-il le même poids s'il étoit possible de le transporter sur la surface de Jupiter, de Saturne ou du soleil? Avant la fin du dix-septième siècle,

(1) *Voyez* la note 3 du troisième livre.

ce problème eût été regardé comme insoluble, et celui qui l'eût proposé, auroit passé pour insensé. Ce n'est donc point sans surprise qu'on a vu Newton en donner une solution satisfaisante, par une méthode que je vais tâcher de faire comprendre à mes lecteurs. Si les corps célestes étoient parfaitement sphériques et sans mouvement de rotation, les pesanteurs, c'est-à-dire les vitesses que feroit naître leur attraction dans un même corps transporté successivement sur leur surface, seroient proportionnelles à leurs masses divisées par les carrés de leurs rayons qui désignent les distances du centre. Newton parvient à connoître le rapport des masses du soleil, de Jupiter et de la terre, en combinant la loi de l'attraction proportionnelle à la masse et réciproque au carré de la distance avec une des lois de Képler; et comme le rapport qui existe entre les rayons de ces astres lui est à peu près connu, il trouve en effectuant les divisions, le rapport des poids d'un même corps pris sur la surface de la terre et transporté successivement sur la surface de Jupiter, de Saturne et du soleil(1).

(1) Princip. mathémat., lib. 3, propos. 8.

§ VII.

Le mouvement de la lune est sujet à des anomalies dont plusieurs étoient connues des philosophes de l'antiquité. Tycho en découvrit un plus grand nombre, mais la cause qui les produit resta inconnue jusqu'à Newton; il étoit réservé à ce grand homme de soulever un coin du voile mystérieux qui l'enveloppe.

Si la lune n'éprouvoit que l'attraction de la terre, elle décriroit une ellipse autour de cette planète; mais la lune ressent en même temps l'influence de l'attraction solaire qui exerce aussi son activité sur la terre. Quelle que soit son intensité, si elle étoit constante et dirigée suivant des lignes parallèles, elle seroit exclusivement employée à produire les mouvemens annuels de la lune et de la terre autour du soleil; et le mouvement de la lune autour de la terre n'en souffriroit aucune atteinte, parce que les mouvemens communs n'altèrent jamais les mouvemens particuliers; mais la lune étant plus éloignée du soleil que la terre dans la moitié de son orbite, et plus près de cet astre que la terre dans l'autre moitié, elle se trouve moins attirée que la terre par le soleil dans le premier cas; elle l'est plus dans

le second. D'ailleurs cette action du soleil sur la terre et sur la lune n'est jamais dirigée suivant les mêmes lignes ou suivant des lignes parallèles, si l'on en excepte les deux points de la conjonction et de l'opposition; et alors la différence des attractions exercées par le soleil sur la terre et sur la lune est la plus grande: ce qui fait que la lune se dérange souvent de la route elliptique que la loi de Képler lui a prescrite. Pour apprécier ces changemens, Newton employa les secours de cette Géométrie sublime dont il étoit l'inventeur; et quoiqu'elle n'eût point acquis le degré de perfection dont elle étoit susceptible, Newton parvint à trouver, ou du moins à ébaucher la véritable explication de ces importans phénomènes; il fit voir que les principales inégalités de la lune, le mouvement de l'apogée et celui du nœud, loin de contrarier l'attraction universelle et réciproque, déposent hautement en faveur de la réalité, et de la généralité de cette force.

§ VIII.

Les expériences de Richer avoient appris qu'il faut diminuer d'environ une ligne et un quart la longueur du pendule qui bat exactement les secondes à Paris, pour les lui faire battre à

Cayenne. Ce phénomène dont la véritable cause n'étoit point étrangère à Huyghens, exerce le génie de Newton; et il en trouve l'explication la plus satisfaisante, en combinant de la manière suivante la loi de la gravitation avec celle de l'équilibre des fluides.

Si la terre étoit fluide et dépouillée de son mouvement de rotation, l'attraction égale et réciproque de toutes ses molécules produiroit la forme sphérique; car une colonne plus haute de la surface au centre, peseroit plus sur le centre, éleveroit par son poids les colonnes les plus courtes, et s'abaisseroit elle-même à proportion, jusqu'à ce que toutes les colonnes ayant même hauteur, se balançassent mutuellement par leur poids. Cette forme sphérique de la terre ne change pas par son mouvement de translation autour du soleil, parce que toutes ses molécules étant animées d'un semblable mouvement, leur rapport de situation n'est pas troublé. Mais par le mouvement de rotation, la forme sphérique souffre une altération d'autant plus grande, que ce mouvement est plus rapide : il fait naître dans toutes les molécules terrestres une force centrifuge plus ou moins directement opposée à la pesanteur, et qui va en décroissant depuis l'équateur jusqu'au pôle. La pesanteur de ces

molécules éprouve sous ce double rapport, par la force centrifuge, une diminution plus grande à l'équateur que dans les autres cercles parallèles; et conséquemment les autres colonnes pesant plus sur le centre que la colonne de l'équateur, doivent élever continuellement cette colonne, souffrir elles-mêmes une dépression jusqu'à ce que l'excès de hauteur sous l'équateur compense l'excès de pesanteur sous les pôles, et donner à la terre la figure d'un sphéroïde aplati par les pôles : résultat important qui a conduit Newton à annoncer l'aplatissement de la terre dont toutes les observations faites pour déterminer sa mesure ont confirmé l'existence.

§ IX.

Descartes attribuoit à la pression de la lune ces oscillations régulières et périodiques dont les eaux de la mer ne cessent de nous présenter le spectacle, et Galilée les faisoit dépendre de la rotation de la terre, combinée avec son mouvement dans l'écliptique. Ces explications vagues et hasardées ne pouvoient résister long-temps à l'épreuve de l'observation; et l'important phénomène des marées étoit encore enveloppé d'une profonde obscurité, lorsque Newton méditant

sur la cause qui le fait naître, vit toutes les circonstances qui l'accompagnent, se plier, pour ainsi dire d'elles-mêmes, au grand principe de l'attraction.

Quand la lune passe au méridien, les molécules de la mer, plus voisines de cet astre que le centre du globe terrestre, sont plus attirées que le centre. Elles doivent s'élever et s'éloigner de la terre, en vertu de cet excès de force que l'attraction de la lune leur imprime. Les molécules de la mer, situées dans le point correspondant de l'hémisphère opposé, moins attirées par la lune que le centre de la terre à cause de leur plus grande distance, se porteront moins vers cet astre que le centre de la terre. Celui-ci tendra donc à s'écarter de ces molécules, qui seront dès-lors à une plus grande distance de ce centre; ainsi, aux deux extrémités du diamètre terrestre dirigé vers la lune, la même cause doit produire en même temps l'élévation des eaux, c'est-à-dire le flux. Il est visible que le reflux doit arriver lorsque la lune abandonne le méridien, car alors l'attraction de cet astre diminue, et cette diminution progressive laisse bientôt à la pesanteur qui sollicite ces eaux vers le centre de la terre, la force de les abaisser.

Ce que j'ai dit de la lune, je puis le dire du

soleil. Ces deux astres influent, quoique inégalement, sur le phénomène des marées, leurs forces attractives se combinent ou se combattent suivant leurs positions respectives, et il en résulte des marées composées. Les parts de la lune et du soleil se distinguent par les dénominations de *marées lunaires* et *marées solaires*. Les premières l'emportent beaucoup sur les secondes, quoique la masse de la lune soit beaucoup moindre que celle du soleil ; et cet excès a pour cause l'énorme différence qui existe entre les distances du soleil et de la lune à la terre.

Les eaux de la mer résistent, en vertu de leur inertie, à prendre le mouvement que la lune et le soleil tendent à leur imprimer. Elles ont besoin d'un certain temps pour s'élever et pour s'abaisser : ce qui fait que la plus grande hauteur du flux n'arrive qu'environ trois heures après que la lune a passé au méridien, et que le reflux est retardé de même.

Dans la conjonction et dans l'opposition, l'action de la lune concourt visiblement avec celle du soleil pour élever les eaux. Dans les quadratures, les eaux de la mer sont abaissées par l'action du soleil au point où elles sont élevées par l'action de la lune, et réciproquement. Les plus grandes marées doivent donc arriver aux nouvelles

nouvelles et pleines lunes; les plus petites au premier et au second quartier de la lune. Cependant la plus haute marée n'arrive pas et ne doit pas arriver précisément le jour de la nouvelle et pleine lune, mais seulement deux ou trois jours après, parce que le mouvement acquis n'est pas subitement détruit, et ce mouvement augmente l'élévation des eaux, quoique l'action instantanée du soleil soit réellement diminuée.

Telles sont les lois du flux et reflux dont Newton a démontré l'existence. Si leur généralité souffre quelquefois de légères atteintes, il faut en chercher la cause dans diverses circonstances que font naître principalement la position des lieux et la situation des rivages.

§ X.

On doit à Hipparque l'importante découverte du mouvement des étoiles et le soupçon bien fondé que ce mouvement est une simple apparence produite par la rétrogradation des points dans lesquels l'équateur coupe l'écliptique. Pour apprécier la cause de cette rétrogradation, Newton remarque que si la terre avoit une forme exactement sphérique, l'attraction que le soleil et la lune exercent sur cette planète, influeroit

exclusivement sur le mouvement de son centre, et ne produiroit aucun changement dans la position de son axe ; mais comme elle a la figure d'un sphéroïde dont le petit axe passe par les pôles, si l'on conçoit dans ce sphéroïde une sphère inscrite ayant pour axe le petit axe du sphéroïde, la terre sera formée de ce noyau sphérique, et de plus, d'une couche enveloppant ce noyau, qui va en croissant d'épaisseur des pôles vers l'équateur. L'attraction du soleil et de la lune sur le noyau sphérique terrestre, n'influe que sur le mouvement de son centre ; mais leur action sur la couche qui enveloppe le noyau, change la position du plan de l'équateur par rapport à celui de l'écliptique.

Pour rendre ce changement plus sensible, Newton considère un point de cette couche, situé à l'équateur, comme une petite lune attachée à la terre, et qui fait sa révolution dans l'espace d'un jour. Les nœuds de l'orbite du point de cette couche pris à l'équateur, tendent, en vertu de l'attraction du soleil, à rétrograder sur l'écliptique ; et comme la ligne qui joint les nœuds est la ligne même des équinoxes, il en résulte que l'attraction du soleil sur le point de la couche qui enveloppe le noyau sphérique de la terre, tend à faire rétrograder la ligne des équi-

noxes : pour des raisons semblables, les autres points de cette couche tendent à faire rétrograder les équinoxes avec quelques modifications commandées par leur plus ou moins grande distance de l'équateur; et ces diverses tendances combinées donnent naissance à celle qui forme la partie de la précession des équinoxes que fait naître l'attraction solaire, sans altérer sensiblement l'inclinaison du plan de l'équateur avec celui de l'écliptique.

§ XI.

Les Anciens, si l'on en excepte Pline et Sénèque, regardoient les comètes comme des météores engendrés dans l'atmosphère; Descartes et Képler les classèrent parmi les astres; mais ils les faisoient mouvoir au hasard, sans ordre, sans frein et sans mesure. Cassini vit mieux que ses prédécesseurs; il les rattacha à notre système planétaire. Mais il est incertain s'il les plaçoit dans l'empire du soleil, ou dans l'empire de la terre. Il étoit digne de Newton de fixer ces incertitudes, et de marquer la place que les comètes occupent dans l'univers. L'attraction réciproque au carré des distances, qui force tous les corps célestes de décrire des ellipses, ne détermine ni la grandeur, ni les di-

mensions de ces ellipses : on peut toujours les aplatir en augmentant la distance des foyers ; et pour faire décrire aux comètes des ellipses aplaties, il suffit de leur imprimer une grande force de projection; si elle a beaucoup d'avantage sur la force centrale, elle est capable de porter la comète dans des régions éloignées du soleil; et cet astre doit nécessairement occuper le foyer de ces orbites : car quoique très-alongées, elles ne peuvent venir que d'une force centrale qui émane du soleil ; et cette force ne seroit point réciproque au carré de la distance, si cet astre n'étoit situé à leur foyer.

Les comètes et les planètes puisent dans une source commune la lumière et la chaleur. L'éclat des comètes augmente lorsque la distance qui les sépare du soleil diminue ; et la chaleur qu'elles éprouvent au voisinage de cet astre devient brûlante au point de dessécher leur surface ; tous les liquides passent à l'état gazeux. La vapeur qui s'exhale de la surface de ces globes prend une direction contraire à celle du feu qui la fait naître, et produit ainsi l'apparence de cette queue des comètes, toujours opposée au soleil, qui a été si long-temps un sujet de terreur et d'alarmes pour les habitans de la terre.

§ XII.

Galilée, Torricelli et Mariotte avoient connu la résistance que les fluides opposent au mouvement des corps; mais aucun jusqu'à Newton n'avoit tenté de la mesurer. Lorsqu'un corps se meut dans un fluide, il trouve à chaque pas sur sa route des molécules de matière, auxquelles il est forcé de communiquer une partie de sa force pour vaincre l'obstacle qu'elles opposent en vertu de leur inertie, au mouvement qui l'anime. Cette résistance se compose de la densité du milieu, d'une fonction de la vitesse du corps mu et de la grandeur de sa surface. Newton calcule l'influence respective de ces divers élémens sur le mouvement des corps, le son (1), la lumière; et il arrive à des conclusions rigoureuses qui le conduisent à chasser des espaces célestes ces fameux tourbillons que Descartes y avoit introduits pour animer les planètes. Newton y ramène l'attraction et le vide, accompagnés d'une force imposante, bien propre à éterniser leur empire.

Il est une autre sorte de résistance qui pro-

---

(1) *Voyez* la note 4 du troisième livre.

vient de la cohésion des molécules d'un fluide. Newton ne s'est pas occupé de la déterminer, parce que dans les mouvemens rapides elle n'est pas comparable à celle que fait naître l'inertie; mais dans les mouvemens très-lents, elle devient sensible, et nous verrons qu'il étoit réservé à Coulomb de la mesurer avec exactitude par des expériences délicates.

§ XIII.

La Physique se divise en plusieurs branches bien distinctes; je les compare à des provinces nombreuses qui forment par leur réunion un grand empire. Chacune d'elles est soumise à des règles particulières commandées par les circonstances, sans altérer la généralité des lois qui les maîtrisent. Le génie de Newton dirigé d'abord vers la connoissance des lois générales qui régissent l'univers, s'exerça ensuite à l'étude des phénomènes que certains corps ont exclusivement le privilége de produire. Le premier il a observé qu'un morceau de verre dont une des faces acquiert l'électricité par frottement, attire et repousse ensuite des corps légers situés à une petite distance de la face opposée. Le premier il a vu animés de la même

vitesse des corps de différent poids et de différente pesanteur spécifique, tombant verticalement de l'extrémité supérieure d'un long tube de verre vide d'air (1). Le premier enfin il a proposé une hypothèse plausible sur la cause de l'élasticité de l'air. Il la fait dépendre de ce que ce fluide se compose de molécules qui se repoussent mutuellement avec des forces centrifuges réciproques à la distance qui les sépare; et il fonde son opinion sur ce qu'il a démontré dans le second livre de ses Principes, que si les molécules d'air sont de nature à s'éloigner les unes des autres avec des forces centrifuges réciproques à leurs distances, elles doivent former un fluide élastique dont la densité sera toujours comme la force qui le comprime.

§ XIV.

Renaldin (2) a eu la première idée de donner à l'échelle du thermomètre, des limites invariables. Il proposoit en 1694, de marquer sur

(1) *Voyez* la note 5 du troisième livre.

(2) *Caroli Renaldini naturalis Philosoph. Patavii*, 1694.

cet instrument les points où il s'arrêteroit dans l'eau bouillante et dans la glace, et de diviser l'intervalle en un nombre déterminé de parties. Peu de temps après, Newton parvint à réaliser l'idée de Renaldin, sans employer ses moyens d'exécution. Ce grand homme avoit senti, comme le physicien de Pavie, la nécessité de bannir du thermomètre les mesures vagues et arbitraires. Il publia en 1701, dans les *Trans. philosoph.*, un tableau de divers degrés de chaleur, qu'il appeloit *constans*, et qu'il exprima par les degrés d'un thermomètre d'huile de lin, dont l'échelle avoit deux termes fixes; l'un, marqué zéro, étoit déterminé par le point où s'arrêtoit l'huile lorsqu'on plongeoit l'instrument dans la neige fondante; l'autre, marqué 12, indiquoit la température du corps humain : l'intervalle étoit divisé en 12 parties égales, et la division continuée au-delà des deux limites.

§ XV.

Je n'ai point achevé le tableau des découvertes physiques de Newton, il y manque plusieurs traits principaux qui se retrouvent dans son *Traité de la Lumière*, et auxquels on ne peut s'empêcher de reconnoître la puissance et la fécondité de son génie créateur.

La lumière prend sa source dans le soleil et les étoiles. Ces astres sont l'immense réservoir où la nature puise à chaque instant ces torrens de matière fluide dont les molécules animées d'une vitesse incroyable, éclairent, échauffent, embellissent l'univers. Un rayon de lumière, c'est-à-dire une file non interrompue de ces atomes lumineux, n'abandonne jamais sa direction rectiligne, s'il ne rencontre des obstacles: les corps opaques l'arrêtent dans sa course rapide; mais alors il se relève sous un angle égal à celui de sa chute. Les corps diaphanes lui prêtent un passage plus ou moins facile; mais toujours, lorsque son incidence est oblique, il est forcé de changer sa route pour s'approcher ou s'éloigner de la perpendiculaire, de manière que dans les mêmes milieux, le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction est constant et immuable, quelle que soit l'incidence du rayon.

Ces phénomènes faisoient le désespoir des physiciens. Ils deviennent un jeu pour le génie de Newton. Si la lumière s'infléchit en passant au voisinage des corps, c'est qu'elle ressent l'influence de l'attraction puissante qu'ils exercent. Si le rayon se brise dans son passage d'un milieu dans un autre; s'il plie davantage sa route

quand le milieu est plus dense, ce n'est pas, comme le prétendoit Descartes, que ces milieux plus denses lui offrent une transmission plus facile, c'est qu'ils exercent une attraction plus puissante; et c'est de l'attraction de ces milieux que la lumière reçoit cet excédant de force qui la fait arriver plutôt au terme de sa course; enfin lorsqu'un rayon passe d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, la vîtesse effective qu'il reçoit à chaque instant, est d'autant moindre que son incidence est plus oblique; mais alors il reste plus long-temps dans l'espace étroit où s'exerce l'attraction, et se dédommage ainsi du peu d'intensité de l'action effective instantanée, par la grandeur de sa durée : il y a donc un rapport constant entre les vîtesses d'un rayon lumineux dans deux milieux donnés; et comme la vîtesse du rayon après la réfraction est toujours à sa vîtesse avant la réfraction, comme le sinus d'incidence est au sinus de réfraction, il résulte que le rapport qui existe entre les sinus, est constant et immuable.

§ XVI.

Il étoit digne d'un grand philosophe, d'un homme profondément versé dans l'étude de

la nature, de vouloir soumettre à l'empire de la même force le phénomène de la réfraction de la lumière, et celui de sa réflexion. Newton tente cette entreprise difficile; et si le succès ne couronne pas complètement son espérance et ses efforts, il parvient du moins à dissiper un préjugé populaire sur la cause de la réflexion de la lumière.

Un corps qui a reçu tout le poli dont il est susceptible, présente à l'observateur, aidé du microscope, une infinité de sillons qui attestent l'irrégularité de sa surface: elle ne peut donc réfléchir d'une manière régulière les rayons lumineux; et puisque l'observation nous apprend que des corps bien polis réfléchissent régulièrement la lumière, il faut conclure, dit Newton, que la réflexion se fait à une petite distance de la surface où les irrégularités s'évanouissent.

Une glace renferme dans son épaisseur un grand nombre de rangées de parties solides, dont chacune devroit visiblement réfléchir des rayons lumineux, si la réflexion de la lumière étoit produite par les parties solides des corps; nous devrions donc appercevoir autant d'images du même objet qu'il y a de rangées de molécules; ce qui est contraire à l'expérience.

Si la lumière frappe obliquement un morceau de verre immobile dans l'air, on apperçoit deux images de l'objet; mais si au-dessous du verre on met un vase plein d'eau ou d'huile, on ne voit plus qu'une seule image, et il en résulte que les rayons qui, dans le premier cas, étoient réfléchis par la surface postérieure du verre, ne le sont plus dans le second : où trouver, dit Newton, la cause de ce changement, si ce n'est dans l'eau ou dans l'huile, dont la force attractive pour la lumière, surpassant celle de la surface postérieure du verre pour ce même fluide, le force de continuer sa route.

Ces expériences attestent la fausseté de l'hypothèse attribuant au choc que font éprouver à la lumière les parties solides des corps, le phénomène de sa réflexion; et c'est déjà un grand service que Newton rend à la science. Elle s'enrichit également et des vérités qu'elle acquiert, et des erreurs dont on la débarrasse.

Ne perdons pas de vue Newton, il fait de nouvelles interrogations à la nature, pour connoître la véritable cause de la réflexion de la lumière; et déjà le phénomène de l'agrandissement de l'ombre d'un cheveu et de tous les corps légers frappés comme lui d'un trait de lumière, lui annonce qu'il existe sur la sur-

face des corps une puissance répulsive agîssant sur la lumière avant le contact immédiat.

Mais la force attractive et la force répulsive que les corps exercent sur la lumière, sont-elles une seule et même puissance attirant ou repoussant ce fluide suivant les circonstances? Newton se décide pour l'affirmative, et il appuie son opinion sur des motifs qui, quoique très-ingénieux, ne me paroissent pas propres à dissiper entièrement l'épais nuage qui enveloppe le phénomène de la réflexion de la lumière (1).

§ XVII.

La nature offre aux habitans de la terre le spectacle habituel d'une grande variété de couleurs, qui leur fait éprouver les plus pures, les plus douces jouissances. Cet important phénomène avoit exercé l'active curiosité des philosophes ; mais leurs efforts impuissans ne servirent qu'à attester la difficulté de l'entreprise. Newton devoit jouir seul du privilége de pénétrer la profondeur d'un mystère que Platon

(1) *Voyez* la note 6 du troisième livre.

soit qu'il traverse d'autres prismes, soit qu'il tombe sur différens miroirs sous différente inclinaison. Toujours enfin les rayons recouvrent leur blancheur primitive, lorsqu'après avoir été séparés par le prisme, on les réunit à la faveur d'une lentille.

Les rayons qui nous sont envoyés par le soleil situé à l'horizon, traversent les couches atmosphériques les plus denses et les plus chargées de substances étrangères. Le plus grand nombre des rayons sont arrêtés dans leur marche rapide, et les rouges exclusivement doués d'une force suffisante pour triompher de ces obstacles, parviennent isolés à l'organe de la vision. Telle est l'explication simple et facile d'un phénomène vulgaire qui faisait le désespoir des physiciens, avant que Newton annonçât la composition de la lumière et la diverse réfrangibilité de ses rayons élémentaires.

Les rayons les plus réfrangibles sont aussi les plus réflexibles; et c'est à cette nouvelle propriété dont Newton a le premier constaté l'existence par des expériences délicates, que le ciel doit cette couleur azurée qu'il offre à nos regards pendant la durée d'un beau jour. Les rayons qui nous viennent du soleil sont réfléchis par la surface de la terre; ils se jettent dans l'at-

mosphère qui nous renvoie les rayons bleus, pourpres et violets plus réflexibles que les autres, et dont le mélange produit la couleur azurée.

§ XVIII.

Lorsque la lumière a traversé l'atmosphère de la terre, plusieurs des rayons qui la composent se combinent avec les molécules des corps qu'ils rencontrent sur leur route. Les autres rayons sont réfléchis, et les corps empruntent toujours la couleur des rayons qui sont renvoyés en plus grand nombre. Cette opinion n'est point une conjecture hasardée. Newton ne l'embrasse qu'après avoir obtenu de la nature, interrogée avec adresse, une réponse favorable. Il fait tomber successivement sur un objet les rayons séparés par le prisme dans une chambre obscure, et quelle que fût la couleur de l'objet lorsqu'on l'appercevoit au grand jour, il paroît toujours de la couleur du rayon qui tombe sur sa surface, avec cette circonstance remarquable. Si la couleur du rayon est la même que celle de l'objet, sa couleur est très-éclatante, tandis qu'elle est sombre et obscure, si la couleur naturelle de l'objet est différente de celle du rayon.

Des

Des bulles formées avec de l'eau de savon, à l'aide d'un chalumeau, présentent au spectateur diverses couleurs fugitives et changeantes; et deux verres convexes posés l'un sur l'autre, laissent apercevoir des anneaux différemment colorés depuis le centre jusqu'à la circonférence des lentilles. Dans le phénomène des bulles, l'eau sans cesse sollicitée par la pesanteur, coule visiblement de la partie supérieure de la bulle vers sa partie inférieure qui se condense et s'épaissit aux dépens de la première. Dans le phénomène des lentilles, les rayons lumineux ne peuvent être réfléchis que par l'air remplissant l'espace qui sépare les deux lentilles; et l'épaisseur des lames aériennes réfléchissantes augmente sensiblement du centre à la circonférence des lentilles. Il semble donc que la faculté qu'ont les corps de réfléchir les rayons de telle ou telle couleur de préférence à tous les autres, dépend de l'épaisseur des lames qui composent leur surface, combinée avec leur densité. Ces lames, telles que Newton les conçoit, sont formées de filets très-déliés, situés parallèlement les uns aux autres, et dont chacun peut être divisé en un très-grand nombre de parties, sans que l'épaisseur et la densité souffrent la moindre altération; et alors le corps conserve la couleur

qu'il avoit avant d'effectuer la division : il en est autrement, si l'épaisseur ou la densité des particules qui résultent de la division de ces filets, éprouve quelque changement; et cela arrive lorsqu'elles s'unissent étroitement à une autre substance. Toute combinaison altère la densité des lames réfléchissantes : ce qui détermine un changement dans la couleur.

Le phénomène des anneaux colorés se lie avec facilité à plusieurs autres, et particulièrement à celui des diverses couleurs que présentent certains corps diaphanes, suivant qu'on les considère par des rayons réfléchis ou par des rayons transmis. Quant à la cause physique qui détermine certains rayons à être transmis, tandis que d'autres sont réfléchis par une épaisseur d'une lame déterminée, Newton propose des conjectures ingénieuses sans être entièrement satisfaisantes, dont je renvoie l'exposition dans une note (1).

§ XIX.

Antonio de Dominis avoit deviné la marche des rayons solaires tombant sur la partie supérieure des gouttes de pluie pour former l'arc-en-ciel intérieur, et Descartes détermina celle

(1) *Voyez* la note 8 du troisième livre.

que suivent les rayons solaires tombant sur la partie inférieure de ces gouttes pour former l'arc-en-ciel extérieur. Descartes alla plus loin; il fit voir que l'iris devoit avoir la forme d'un arc, et que cet arc devoit être lumineux; mais il ne put rendre raison de cette admirable variété de couleurs qui parent les bandes circulaires, et dont la véritable cause étoit inconnue lorsque Newton, décomposant la lumière en rayons diversement colorés, a démontré la différente réfrangibilité de chacun de ces rayons élémentaires.

La différente réfrangibilité des rayons doit visiblement nécessiter leur dispersion, lorsque la lumière passe de l'air dans un milieu tel qu'un verre de lunette; ce qui fait que dans les télescopes à réfraction, l'image de l'objet n'est jamais nette et distincte, mais toujours terminée par les couleurs de l'iris. Réfléchissant sur cette nouvelle sorte d'aberration incomparablement plus grande que l'aberration de sphéricité, et considérant que chaque rayon élémentaire, quoiqu'inégalement réfrangible, se relève sous un angle égal à celui de sa chute, Newton eut l'idée de substituer la réflexion à la réfraction dans la construction des lunettes. Un miroir concave bien poli, formant le fond du tube,

et recevant la lumière qui émane de l'objet ; un miroir plan, situé obliquement vers le milieu du tube, qui renvoie la lumière à l'oculaire adapté de l'autre côté à une monture latérale ; tels sont les principaux élémens qui entrent dans la composition du télescope newtonien. Le P. Mersenne et Jacques Gregori avoient eu, avant Newton, l'idée d'un télescope de ce genre ; mais le P. Mersenne ne réalisa point son idée ; et le télescope construit en 1663, par Jacques Gregori, diffère de celui de Newton, en ce qu'il se compose de deux miroirs concaves opposés l'un à l'autre, et d'un oculaire dioptrique. Ces sortes d'instrumens offroient de grands avantages à l'époque de leur invention ; aujourd'hui on en a abandonné l'usage parce qu'on a fait disparaître l'aberration de réfrangibilité dans le télescope à réfraction, par des moyens dont l'ordre que je me suis prescrit ne tardera pas à amener l'exposition.

§ XX.

Certains corps offrent un passage facile à la lumière ; les autres ne se laissent point traverser par ce fluide. Aristote et Descartes faisoient dépendre ce phénomène de la situation respective

des pores qui séparent les molécules des corps. Lorsque ces pores ont une disposition rectiligne, les rayons lumineux ne trouvent en pénétrant les corps aucune partie solide qui résiste à leur passage; et alors les corps sont transparens; ils sont opaques dans l'hypothèse contraire.

Mécontent de cette explication, Newton, fidèle à suivre la méthode qu'il s'est prescrite, interroge la nature, observe avec soin les phénomènes, et tâche de s'élever à la cause qui les fait naître. Une feuille de papier devient plus transparente par son immersion dans un liquide. L'eau devient opaque lorsqu'elle est battue par sa propre chute ou par un autre moyen quelconque. Du verre pilé, fêlé ou dépoli, perd la transparence; et l'air se dépouille de cette propriété lorsque l'eau s'élève, sous forme de vapeur, dans l'atmosphère.

C'est d'après ces expériences et plusieurs autres aussi simples, aussi faciles à vérifier, que Newton explique les phénomènes de la transparence et de l'opacité: ils dépendent du rapport qui existe entre la densité des molécules d'un corps et celle du milieu remplissant l'intervalle qui les sépare. Plus ce rapport approche de l'égalité, plus la transparence devient grande;

elle seroit parfaite dans un corps dénué de pores, qui jouiroit de l'homogénéité : il n'opposeroit aucune résistance au passage de la lumière : il semble donc que la lumière a reçu de la nature le pouvoir de pénétrer les molécules des corps : Et pourquoi lui refuserions-nous cette propriété dont plusieurs phénomènes annoncent l'existence, tandis qu'aucune expérience n'atteste l'impénétrabilité de ce fluide (1)?

§ XXI.

Le plan de l'optique de Newton est immense, il embrasse toutes les parties de la Physique terrestre : si Newton ne l'a pas exécuté entièrement, c'est que la nature à marqué un terme aux efforts de l'intelligence humaine. On trouve néanmoins, sous forme de questions, à côté du superbe édifice que Newton a élevé, plusieurs pierres d'attente qui pourront servir à continuer ce bel ouvrage, ou du moins à compléter l'histoire des pensées d'un grand homme. Ces questions abondent en idées fines et lumineuses, en conceptions vastes et hardies.

Tantôt Newton soupçonne que les rayons so-

(1) *Voyez* la note 9 du troisième livre.

laires pénétrant les pores des corps, impriment à leurs molécules un mouvement de vibration qui constitue la chaleur (1); tantôt il soumet aux physiciens la question de savoir si les rayons de différente espèce n'excitent point sur la rétine des vibrations de diverse grandeur, de manière que chaque vibration différente produise le sentiment du rayon diversement coloré qui la fait naître (2). Ici, il pense que l'harmonie et la discordance des couleurs peuvent dépendre du rapport qui existe entre les vibrations qui se propagent de la rétine au cerveau à travers les fibres des nerfs optiques (3). Là, recherchant la cause de la double réfraction de la lumière, annoncée d'abord par Bartholin, et décrite ensuite par Huyghens avec plus d'exactitude, Newton croit reconnoître dans chaque rayon lumineux différens côtés doués de propriétés différentes qui font naître ce phénomène (4). Ailleurs, il regarde les corps naturels comme composés de molécules toujours animées par deux forces, dont

---

(1) *Opti. quest.* 5.

(2) *Opti. quest.* 13.

(3) *Ibid. quest.* 14.

(4) *Voyez* la note 10 du troisième livre.

l'une tend sans cesse à les rapprocher, la seconde à les écarter; et c'est du différent rapport qui existe entre ces forces, qu'il fait dépendre la solidité, la liquidité et la fluidité aériforme. Partout enfin, Newton considère l'attraction comme le principe de tous les mouvemens qui s'exécutent dans le ciel et sur la terre; s'il en étoit autrement, une certaine quantité de mouvement une fois imprimée, ne feroit ensuite que se partager différemment suivant les lois de la percussion. Les chocs contraires en détruiroient continuellement sans qu'il en pût renaître, et l'univers ne tarderoit pas à tomber dans un état mortel d'inertie et de repos.

Tant de vues saines et profondes, tant de sublimes découvertes valurent à Newton, pendant sa vie, un tribut bien mérité d'admiration et de reconnoissance. Les savans de son pays le proclamèrent unanimement leur chef et leur maître. Lui seul ne se doutait pas de sa grande supériorité, parce que ses découvertes ne lui avoient, pour ainsi dire, rien coûté. La nature l'avoit choisi pour son interprète et son organe; elle s'étoit dévoilée à lui entièrement, et Newton ne faisoit que remplir l'importante mission qui lui étoit confiée, en révélant ses secrets à l'univers. Tel est le véritable caractère

du génie, qu'il parvient sans peine et sans effort à des résultats que la médiocrité ne peut atteindre avec beaucoup de travail et de fatigue.

§ XXII.

Un homme qui se distingue par des actions d'éclat ou par de grandes découvertes, ne jouit point seul de la gloire qu'il s'est acquise : elle appartient à sa nation; tous ses concitoyens la partagent; de là cet esprit national qui éloigne le danger de l'usurpation, et qui prépare des défenseurs en cas d'attaque. Leibtniz s'attribue l'invention du calcul qui considère la quantité dans ses dernières divisions. Newton n'a pas besoin de se montrer pour établir la priorité de sa découverte, toute l'Angleterre savante se lève pour lui en garantir la jouissance. Fontenelle compare Descartes à Newton, dans un discours consacré à l'éloge de ce grand homme : choqués de cette comparaison, les Anglais réclament la prééminence en faveur de leur compatriote: sans doute qu'il existe des rapports entre ces deux hommes, dont chacun a des droits à la célébrité. Mais ces rapports, je dois le dire, ne peuvent tourner qu'à l'avantage de Newton; il jouit dans un degré plus éminent que Descartes, des belles

qualités qui accompagnent le génie. Qu'il est beau de voir Newton, simple comme la nature qui lui confie le secret de ses mystères, dédaignant cette fumée de gloire à laquelle Descartes n'étoit peut-être pas tout-à-fait insensible, et dont s'enivre toujours l'insolente médiocrité, calculant avec précision la force qui enchaîne les planètes à un centre immobile, aplatissant la terre, anatomisant la lumière; dévoilant la véritable origine des couleurs; embrassant, en un mot, tous les phénomènes de l'univers, et s'élevant au milieu de leur masse imposante, à la cause qui les fait naître! Quelle distance de Newton à Descartes, par la justesse des vues, par la profondeur des idées, par la grandeur des conceptions. Le génie de Newton n'engendre que des réalités; celui de Descartes n'enfante le plus souvent que des chimères.

CHAPITRE II.

Tableau des services rendus à la Physique, par Halley, Flamsteed, Keil, Cotes, Smith, etc.

§ Ier.

Newton vient d'enrichir la Physique d'un grand nombre de vérités de théorie et d'expérience. Gardons-nous de croire qu'elles vont se répandre avec célérité. L'Europe savante oppose à leur propagation de grands obstacles. La philosophie de Descartes, qui régnoit despotiquement dans les écoles et dans les corps académiques, leur suscita de nombreux et puissans contradicteurs. Mariotte s'obstine à ne point reconnoître les belles expériences qui attestent la composition de la lumière; et long-temps après que Newton à démontré les lois de l'attraction, l'Académie des Sciences propose pour sujet de prix, des questions qui supposent qu'elle n'en reconnoît point encore l'existence.

La philosophie Newtonienne est donc, pour ainsi dire, concentrée en Angleterre; aussi est-ce

principalement dans cette île que nous allons voir la Physique prendre de l'accroissement et de l'éclat.

§ II.

Halley. Halley (1) étoit ami de Newton et doué d'un esprit capable d'apprécier ses découvertes. Il ne fallut rien moins que ses sollicitations et celles de la Société royale pour vaincre la résistance que la modestie de Newton et son amour pour le repos opposoient à la publication de son immortel livre des Principes. A ce service rendu à la science, Halley en joignit d'autres qui ont contribué plus directement à ses progrès.

Que des hommes tourmentés par la soif de l'or supportent avec une espèce de courage les peines, les privations et les fatigues; qu'ils bravent même audacieusement, pour satisfaire une coupable avidité, des dangers pressans qui menacent leur existence; c'est un spectacle que le monde ne cesse de présenter à nos regards. Il est une autre sorte de richesses qui n'excitent point la cupidité du vulgaire, mais qui toujours

(1) Edmond Halley, né à Londres en 1656, mort le 16 janvier 1742.

enflamment les desirs du véritable philosophe. S'agit-il de poursuivre la découverte d'une vérité, ou de vaincre les obstacles qui résistent à sa propagation ? son ame s'ouvre aux transports d'une passion violente, aucun sacrifice ne lui coûte pour remplir l'objet de la noble ambition qui le maîtrise. Jeune encore, Halley offre un exemple bien propre à confirmer cette assertion. J'aime à le voir, dans la fleur de l'âge, quitter ses parens, ses amis, sa patrie, pour aller chercher, à travers les périls des mers, une coutrée propre à observer une partie du ciel, jusqu'alors inconnue. L'île de Sainte-Hélène fixe son choix ; et c'est là qu'une année entière de travaux assidus le met à même de recueillir une longue suite d'importantes observations dont il fait hommage à la science.

§ III.

La connoissance des positions de 350 étoiles australes n'est pas le seul fruit que Halley retira de son long et pénible voyage. Des découvertes d'un autre genre couronnèrent son zèle et ses efforts. Dans cette grande mer qui sépare l'Europe et l'Afrique d'avec l'Amérique, il trouva en quatre endroits différens, que l'aiguille ai-

mantée ne déclinoit pas. Il soupçonna qu'ils étoient compris dans une courbe embrassant le globe terrestre, et ayant à un de ses côtés les lieux où la déclinaison seroit orientale; à l'autre, ceux où elle seroit occidentale. Halley multiplia les observations, les combina avec celles qui lui étoient étrangères, et il eut le plaisir de les voir toutes se réunir pour justifier ce soupçon; c'est-à-dire, que la déclinaison étoit orientale ou occidentale et plus ou moins grande, suivant que les lieux étoient situés d'un côté ou de l'autre de cette courbe exempte de déclinaison, et qu'ils en étoient plus ou moins éloignés.

Pour expliquer ces variations de l'aiguille aimantée, Halley imagine que la terre supposée creuse renferme dans son sein un gros aimant sphérique attirant à lui tout ce qui est doué de quelque vertu magnétique, et qui tournant sur un axe particulier différent de celui de la terre, produit une variation continuelle dans la déclinaison de l'aiguille.

Halley va plus loin; il fait servir le même principe à expliquer l'important phénomène des aurores boréales. L'intervalle compris entre la surface concave du globe terrestre et la surface convexe de l'aimant situé à son centre, est

supposé rempli d'une vapeur légère et lumineuse qui, venant à s'échapper en certains temps par les pôles de la terre, produit toutes les apparences de ces brillans météores.

Ces explications ne sont sans doute que des conjectures qui pouvoient paroître plausibles dans un temps où il n'étoit point encore prouvé que tous les corps terrestres jouissent de la polarité, et où l'on n'avoit point encore analysé les différentes forces qui se combinent ou se combattent pour produire les phénomènes magnétiques.

Gassendi, Huyghens et Hevelius avoient observé le passage de Mercure sur le soleil; mais aucun n'avoit eu le plaisir de considérer le passage entier de la planète. Cet avantage étoit réservé à Halley. Pendant son séjour à l'île Sainte-Hélène, il eut occasion de voir Mercure entrer sur le disque solaire et en sortir. Il observa la durée de ce passage; et cette observation lui valut l'idée d'une méthode pour découvrir la parallaxe du soleil, méthode plus exacte que toutautre, et qui a procuré au siècle passé la connoissance la plus approchée de la vraie distance du soleil à la terre.

§ IV.

Halley étoit à peine de retour de l'île de Sainte-Hélène, qu'on le nomma membre de la Société royale. Cette nomination étoit le prix des services qu'il venoit de rendre aux sciences; et les efforts qu'il fit ensuite pour la justifier, valurent à la Physique de nouvelles découvertes. Il perfectionna la cloche du plongeur, dont la véritable origine est inconnue, et la fit servir à son usage pour diverses observations (1). Le premier, il appliqua les logarithmes à la mesure des hauteurs des lieux par l'abaissement du mercure dans le baromètre, et répandit quelque clarté sur le phénomène des variations que cet instrument éprouve lorsque le ciel est serein, et lorsqu'il se couvre de nuages, précurseurs ordinaires de la pluie. Il trouva par expérience, que l'eau, depuis le froid qui produit sa congélation jusqu'au degré de l'ébullition, se dilate de $\frac{1}{26}$ de son volume; détermina les dimensions des iris formées par des rayons qui avant de sortir de la goutte d'eau, souffriroient un nombre quelconque de réflexions,

(1) *Voyez* la note 11 du troisième livre.

donna

donna à la théorie de la lune quelque degré de perfection, développa la sublime théorie de Newton sur les comètes, et construisit des tables astronomiques, fruit précieux de vingt années d'observations faites avec exactitude, recueillies avec soin et combinées avec la plus grande sagacité. Halley étoit alors directeur de l'Observatoire de Greenwick, à la place du célèbre Flamsteed (1), qui mérite une place distinguée dans l'histoire particulière de la Physique céleste. Elle doit principalement à cet habile observateur d'avoir considérablement augmenté le nombre des étoiles visibles, et d'être parvenu, par des études suivies avec constance, à déterminer leur position respective avec une grande précision. Flamsteed.

§ V.

La révolution qui s'opère en Angleterre dans la philosophie naturelle, excite une heureuse fermentation : les esprits prennent une sorte de mouvement dirigé vers l'étude de la nature, et chacun veut s'éclairer au flambeau de la phi-

(1) Jean Flamsteed, né à Denby, dans le comté de Derby, le 19 août 1646, mort le 30 décembre 1719.

losophie de Newton. Sur la foi d'Huyghens, l'illustre Loke regarde comme incontestables les principes qui fondent la nouvelle Physique; il soumet à un examen sévère les raisonnemens et les conclusions que l'on en tire; il compare les conclusions avec les phénomènes, et il trouve entre eux un accord parfait, qui devient à ses yeux un sûr garant de la bonté de la doctrine.

L'exemple de Loke n'est point stérile. Tous les bons esprits embrassent la philosophie newtonienne avec transport; plusieurs même rivalisent de zèle et d'ardeur pour la répandre. Keil. Keil (1) donne le premier à Oxford, en 1704, des leçons publiques dans lesquelles il tâche de la rendre accessible à la multitude. Il prouve par expérience des propositions fort simples, et il en déduit d'autres plus composées, qu'il appuie aussi du témoignage de l'expérience: cette méthode a du succès. Les lois du mouvement rectiligne et curviligne; celles de l'inertie des corps soit solides, soit fluides; les principales propositions relatives à la nature de la lumière et des couleurs; toutes ces vérités

(1) Jean Keil, né en Ecosse l'an 1671, mort en 1721.

sont rendues sensibles à l'œil, et la philosophie newtonienne devient en quelque sorte populaire.

§ VI.

Cotes.

Dans le même temps, Cotes (1) rendoit à la Physique des services qui ne sont point étrangers à cette Histoire. Ses leçons, données publiquement à Cambridge, déposent encore aujourd'hui en faveur de son talent et de son zèle. Les lois de la pression et de l'équilibre des fluides, les propriétés de l'air et les divers phénomènes qui en dépendent; toutes ces questions y sont traitées avec beaucoup de méthode et de clarté. On trouve d'ailleurs dans cet ouvrage plusieurs vérités que son auteur a su en quelque sorte s'approprier en imaginant un procédé facile pour établir leur existence.

C'est une des propriétés remarquables de l'air atmosphérique, que quand les distances de la surface de la terre croissent en progression par différence, les différens degrés de rarité de ce fluide croissent en progression par quotient.

(1) Cotes mourut en 1716 à la fleur de son âge : il étoit professeur de Physique dans l'Université de Cambridge.

Halley a observé le premier cette propriété de l'air; mais la démonstration qu'il en donne repose sur la connoissance de la nature de l'hyperbole. Gregori l'a démontrée ensuite en raisonnant d'après les propriétés connues de la courbe logarithmique. Cotes, qui s'occupoit de rendre les vérités physiques faciles à saisir par ceux même à qui la connoissance des lignes courbes étoit entièrement étrangère, imagina une méthode simple et élégante, qu'il me paroît utile d'exposer à mes lecteurs.

Concevons avec Cotes l'atmosphère divisée en tranches horizontales, dont chacune a un pouce d'épaisseur. La première tranche, c'est-à-dire la plus basse, est aussi la plus dense; et la densité des autres diminue d'autant plus qu'elles s'éloignent davantage de la surface de la terre. Supposons à présent que l'air contenu dans les deuxième, troisième, etc. tranches, est réduit à avoir la même densité que l'air renfermé dans la première; ce qui se fait en diminuant ces tranches successives dans le même rapport que les densités diminuent. Chaque espace après la réduction, est visiblement proportionnel à la densité qu'avoit l'air avant la réduction, et cette même densité de l'air avant la réduction, étant toujours comme la force qui le comprime, est

aussi proportionnelle au poids de la partie de l'atmosphère qui est au-dessus de lui, c'est-à-dire, comme la somme des espaces réduits supérieurs à celui qui le renferme. Les espaces réduits sont donc entre eux respectivement comme les sommes correspondantes des espaces réduits qui sont au-dessus; et comme les premiers espaces sont les différences des derniers, il s'ensuit qu'ils sont les uns et les autres en progression par quotient; d'où il résulte que les densités de l'air décroissent en progression par quotient, lorsque les hauteurs croissent en progression par différence; et comme la rarité d'un corps est réciproque à sa densité, on peut conclure que quand les distances de la surface de la terre croissent en progression par différence, les différens degrés de rarité de l'air croissent en progression par quotient; et conséquemment, que la distance de la surface de la terre, ou la hauteur, est partout proportionnelle au logarithme de la rarité.

§ VII.

Ce que Cotes a fait pour la Physique fait présumer qu'il lui auroit rendu de grands services, si la mort ne l'eût enlevé dans la fleur de l'âge

Smith. à ses amis et aux sciences. Robert Smith lui succéda dans l'Université de Cambridge; son premier soin fut de publier un recueil de *Leçons de Physique*, dont Cotes lui avoit confié le dépôt, et de lui donner plus de prix par des notes explicatives et des additions intéressantes.

Il manquoit à la Physique un ouvrage qui traitât avec une certaine étendue de tout ce qui appartient à la vision, soit par des rayons directs, soit par des rayons réfléchis, soit par des rayons réfractés. Smith forma le projet de ce travail, et il l'exécuta avec succès. Son livre qui a pour titre *A Compleat System of Opticks*, est encore aujourd'hui le plus considérable et le plus complet des traités qui ont été faits sur la lumière.

CHAPITRE III.

Tableau des découvertes physiques de Hauksbée, Taylor, etc.

§ Ier.

Ceux qui arrivent les premiers pour concourir à l'exécution d'une entreprise, ne sont point toujours ceux qui travaillent avec plus de succès à la réaliser. Les récits de cette Histoire me fournissent le moyen de confirmer cette assertion. L'Italie et l'Allemagne avoient assez fait pour la Physique ; la France lui avoit rendu des services ; il restoit beaucoup à faire à l'Angleterre. Boyle et Newton se présentent au nom de leur patrie, pour offrir un riche tribut à la science; et ce tribut s'accroît encore chaque jour des travaux de leurs infatigables successeurs.

En 1704, Hauksbée (1) s'annonce comme un physicien d'une grande sagacité. La pompe de Hauksbée.

(1) Hauksbée mourut en 1716, dans un âge peu avancé.

Boyle fixant d'abord son attention, reçoit entre ses mains des modifications avantageuses. Une platine, ajoutée à l'instrument, le rend propre à recevoir successivement différens récipiens. Hauksbée y enferme un tuyau d'épreuve, et il substitue au lut qu'on faisoit servir à les fixer, des bandes de cuir mouillé qui sont d'un usage plus facile et plus commode.

Cotes regarde comme auteur de la pompe pneumatique à deux pistons, le fameux Papin, connu d'ailleurs par une machine qui rend sensible l'extrême élasticité de la vapeur aqueuse(1); d'autres Physiciens attribuent à Hauksbée l'invention de cette nouvelle pompe, et personne ne lui dispute l'honneur de l'avoir perfectionnée, d'avoir obtenu par son moyen une évacuation d'air continuelle, qu'il est impossible de produire avec le secours d'un seul piston; enfin, de l'avoir employée avec succès à exécuter un grand nombre d'expériences délicates dont je vais présenter le tableau.

§ II.

La pesanteur de l'air étoit établie sur des expériences rigoureuses, et néanmoins la chi-

(1) *Voyez* la note 12 du troisième livre.

mère de l'horreur du vide avoit encore au commencement du dix-huitième siècle, quelques partisans acharnés à répandre des doutes sur l'existence de la pression atmosphérique. Pour les dissiper entièrement, Hauksbée dispose dans un grand récipient de verre, deux hémisphères de cuivre joints ensemble par le moyen d'un cuir mouillé; et après avoir injecté une quantité d'air suffisante pour doubler la densité de celui qui étoit renfermé dans le récipient, il trouve qu'un poids de 140 livres est nécessaire pour séparer ces hémisphères; d'où il conclut que la pression de l'air injecté sur les surfaces extérieures a le pouvoir d'empêcher leur séparation.

Les deux mêmes hémisphères étant épuisés d'air, et environnés seulement à l'extérieur d'air commun, il faut pour les séparer un poids égal à celui qu'on employoit pour les détacher, lorsqu'étant remplis d'air commun, on environnoit leur surface extérieure d'une atmosphère d'air condensé (1). Quelle puissance qu'on attribue à la *succion*, quelle vertu qu'on imagine dans le *lien funiculaire* (2), ils ne peuvent visiblement servir à expliquer ces phénomènes qui

(1) Expér. phys. mécan., tome I, pag. 57.

(2) *Voyez* la note 13 du troisième livre.

décident conséquemment une question agitée depuis long-temps, et dissipent entièrement les nuages que répandent pour l'obscurcir les partisans de ces frivoles hypothèses.

§ III.

Galilée, Mersenne, Riccioli et les académiciens de Florence avoient fait d'inutiles efforts pour déterminer le rapport exact du poids de l'air à celui d'un égal volume d'eau. Boyle s'occupa de cette détermination avec plus de succès, à l'aide de l'éolipile; et Hauksbée imagina une méthode plus rigoureuse pour parvenir au même but. En pesant un ballon, tantôt plein d'air, tantôt exactement rempli d'eau, il trouva que le rapport du poids de l'air à celui d'un égal volume d'eau, étoit celui de 1 à 885.

Ce procédé, qui a l'apparence d'une grande simplicité, exige de la part de l'observateur de grandes précautions. La densité de l'air et de l'eau d'où dépend leur pesanteur spécifique, n'est pas constante; il faut donc avoir égard à l'état de la température et à celui de la pression. Hauksbée marque la pression de l'atmosphère par la hauteur du mercure dans le baromètre, mais il n'indique pas l'état de la température, et cela n'a rien qui m'étonne. Le silence de

Hauksbée sur le thermomètre de Newton, annonce qu'il n'existoit point encore des thermomètres comparables. Hauksbée s'occupa de leur donner cette propriété; et bientôt il fit construire un thermomètre à alcool, dont l'échelle a deux limites. L'une est le zéro de la graduation : elle marque le terme de la glace; l'autre est le 130ième degré de la division ascendante : elle indique le plus grand chaud d'Angleterre. La division continue au-delà de ces extrêmes, en augmentant ou en diminuant de dix degrés. Cet instrument, préférable sous certains rapports, au thermomètre de Florence, a un défaut de fixité dans les limites de l'échelle, qui devoit faire présager son abandon.

Les physiciens qui s'étoient occupés avant Hauksbée des pesanteurs spécifiques, s'étoient bornés à déterminer celles de l'air, de l'eau et du mercure. Hauksbée va plus loin : il fait tailler avec soin des cubes d'or, d'argent, de cuivre, de plomb, de fer. Tous avoient exactement le même volume, et leur pesanteur spécifique rapportée à celle de l'eau prise pour unité, le conduisit à des résultats remarquables par leur précision et leur exactitude (1).

(1) Expér. phys. mécan., page 20. *Voyez* la note 14 du troisième livre.

§ IV.

On savoit que l'air se dilate par le chaud, qu'il se condense par le froid; mais on n'avoit encore tenté aucune expérience comparative sur la dilatabilité de l'air, lorsque Hauksbée dirigea son activité vers ce genre de recherches. Il prit un tube de verre ayant la forme d'un syphon, et il y versa du mercure. L'air qui y étoit contenu ayant d'abord une densité égale à celle de l'atmosphère, s'y condensa par la pression de la colonne métallique. Hauksbée plongea ensuite dans l'eau chaude la branche du syphon qui renfermoit l'air condensé, et il vit le fluide aériforme soulever graduellement la colonne de mercure, et vaincre la pression atmosphérique pour se répandre dans des limites moins étroites. Mais lorsque l'eau se refroidissoit, la pression du mercure et de l'atmosphère reprenoit sa supériorité sur la force expansive de l'air qui se condensoit de nouveau. Ces différentes variations, par rapport à certains points fixes du syphon, comparées avec les différens degrés d'ascension et de dépression de l'alcool dans un thermomètre bien gradué, éprouvant les mêmes degrés de chaleur, servirent en même temps

à déterminer le rapport des dilatations que l'air éprouve depuis le plus grand froid jusqu'au plus grand chaud dans le climat d'Angleterre (1), et à faire voir que le volume et le ressort de l'air augmentent par la chaleur.

§ V.

La réfraction qu'éprouve la lumière passant du vide dans l'air de l'atmosphère, étoit connue depuis long-temps. C'étoit une de ces vérités de théorie qui ont besoin de devenir sensibles à l'œil pour inspirer une parfaite conviction ; et c'est sans doute le motif qui en 1669 engagea Lowthorp à la soumettre à l'épreuve de l'expérience. Il épuisoit l'air par le moyen du mercure entre deux plans inclinés de verre, à travers lesquels un objet pointé avec un télescope, paroissoit sensiblement changer de place lorsqu'on laissoit rentrer l'air (2). Cassini fils, qui étoit témoin de cette expérience, en rapporta le détail à l'Académie des Sciences. Quelques

(1) *Voyez* la note 15 du troisième livre.

(2) On peut voir le détail de cette expérience dans les Transac. philosoph., n° 257, et dans les Mémoires de l'Académie de 1700.

par le milieu du prisme, tandis qu'un fil très-fin étoit placé au foyer du même télescope.

Le 15 juin 1708, le baromètre étoit à 29.7.$\frac{1}{4}$ et le therm. à 60°. Hauksbée et Halley choisirent un objet très-distinct, élevé et éloigné de 2588 pieds. Après avoir pompé l'air du prisme, on l'appliqua au télescope, et le cheveu horizontal situé au foyer couvroit une marque sur l'objet, qu'on voyoit distinctement à travers le vide, les deux verres étant également inclinés au rayon visuel ; on laissa ensuite rentrer l'air dans le prisme et on vit l'objet s'élever par degrés au-dessus du cheveu à mesure que l'air rentrait, de manière qu'à la fin le cheveu se trouva cacher une marque qui étoit 10 $\frac{1}{4}$ de pouces au dessous de la première.

En appliquant ensuite au prisme la machine à condenser, on rendit la densité de l'air renfermé dans le prisme, double de celle de l'air extérieur. On plaça le prisme devant le télescope, et laissant sortir l'air du prisme par le robinet, l'objet qui dans la première expérience paroissoit s'élever, parut alors descendre par degrés et le fil s'arrêter enfin sur un objet plus élevé que le premier du même intervalle de 10 $\frac{1}{4}$ pouces.

Cette expérience dissipa tous les doutes que

celle de Homberg avoit fait naître. L'Académie de Paris voulant s'assurer par elle-même de la bonté du résultat, confia à Delisle le soin de le vérifier. Ce physicien suivit avec exactitude les procédés de Hauksbée, et l'expérience eut du succès.

De ces diverses expériences Hauksbée et Halley conclurent que les réfractions étoient, en raison directe des densités de l'air, marquées par les différens degrés d'élévation du mercure dans le tuyau d'épreuve. Lowthorp avoit reconnu et indiqué cette même propriété dont Delisle constata aussi l'existence. Tous remarquèrent constamment que la hauteur apparente de l'objet varioit à proportion que l'air rentrant ou sortant du tuyau, faisoit monter ou descendre le mercure: ensorte que le mercure étant au tiers des degrés qu'il parcouroit au-dessus et au-dessous de sa station ordinaire, l'objet paroissoit aussi au tiers ou aux parties correspondantes de sa variation totale.

Je me suis permis des détails sur cette expérience, parcequ'elle offre des résultats importans, surtout si on les considère sous le rapport des réfractions astronomiques. On sait que la réfraction astronomique est celle que les rayons de

de lumière souffrent en passant de la matière éthérée ou plutôt du vide dans l'atmosphère. Mais comme l'atmosphère augmente en densité depuis les couches les plus élevées jusqu'à celles qui avoisinent la surface de la terre, il s'opère à chaque instant une nouvelle réfraction. Newton remarque (1) que la somme de toutes ces réfractions est égale à l'unique réfraction que la lumière éprouveroit en passant de la première couche dans la dernière, les intermédiaires étant supprimées. Si le vide fait dans le tuyau après avoir épuisé tous les efforts de la pompe, a raréfié l'air au même degré que la première couche de l'atmosphère, il s'ensuit que le rayon qui a traversé cet espace raréfié dans le tuyau pour passer dans les couches inférieures, a dû éprouver une réfraction sensiblement égale à celle que souffrent les rayons du soleil traversant toute l'atmosphère; car il a passé immédiatement de la première couche de l'atmosphère dans la dernière, et ce résultat donné à Newton par la théorie, se trouve ici visiblement confirmé par les expériences de Hauksbée et de Lowthorp; car Hauksbée a trouvé 34 secondes de réfraction pour un angle d'inci-

(1) Newton, opti., livre II, pag. 3, prop. 10.

dence de 32 degrés; ce qui donne à 3″ près, la valeur de la réfraction astronomique déterminée pour la latitude de Londres.

§ VI.

Certains corps donnent de la lumière à l'aide du frottement. Otto de Guerike avoit annoncé cette propriété, mais il n'avoit apperçu que de foibles lueurs en frottant son globe de soufre dans une profonde obscurité. Hauksbée considéra ce phénomène dans ses développemens, et dans diverses circonstances plus ou moins favorables à sa production. L'ambre frotté contre la laine répandit une lumière plus vive et plus abondante dans le vide que dans l'air, et la chaleur produite fut telle, que la laine donna des signes de combustion (1). Une boule de verre frottée dans le vide contre la laine, offrit à Hauksbée le spectacle d'une belle lumière pourpre qui diminuoit d'éclat et de vivacité à mesure qu'on faisoit rentrer l'air (2); et ce qui excita sa surprise, elle n'étoit visible que dans

(1) Exper. phy. méca. sur la lum. produite par le frottement, chap. I, art. 1, pag. 135.

(2) *Ibid.* chap. I, art. 4, page 145.

les premiers essais et avec un verre qui n'avoit pas encore été soumis à cette épreuve.

Hauksbée fit varier les phénomènes en faisant varier les circonstances. Il imbiba la laine d'alcool, et la lumière s'élança en forme d'éclairs éblouissans. Du verre frotté contre du verre soit dans le vide, soit dans l'air, répandit une clarté semblable à celle du verre rougi ; et lorsqu'il exécuta le frottement au milieu de l'eau, il vit avec surprise une clarté semblable à celle de l'aurore, se répandre subitement dans ce liquide (1).

Boyle avoit déjà remarqué qu'un diamant rendu lumineux par le frottement, conservoit cette propriété, lorsqu'on le plongeoit dans l'eau, dans l'alcool, dans les acides. Mais il tenta vainement de la lui faire acquérir en exécutant le frottement dans un liquide.

§ VII.

Gilbert faisoit servir un tube de verre à ses expériences électriques. Otto de Guerike le remplaça par un globe de soufre ; et Hauksbée employa au même objet deux globes ou cy-

(1) Expér. phy. mécan. sur la lumière produite par frottement, chap. I, art. 6, page 159 et suiv.

lindres de verre : ils étoient assujétis l'un dans l'autre ; on leur communiquoit le mouvement par le moyen de deux roues, soit dans le même sens, soit dans un sens contraire ; et à la faveur d'un robinet pratiqué dans les pivots de chacun des récipiens, on faisait le vide dans celui où on le jugeoit convenable (1).

Lorsque Hauksbée appliquoit la main sur le récipient extérieur animé d'un mouvement rapide, la lumière exprimée par le frottement s'élançoit par des ramifications surprenantes sur la surface du récipient intérieur, avec des circonstances qui méritent d'être remarquées. 1°. La lumière avoit plus de force et plus d'éclat lorsque le mouvement étoit imprimé en même temps aux deux récipiens, soit que ce mouvement s'effectuât dans le même sens, soit qu'il s'effectuât en sens contraire, soit que l'un des deux fût plein ou vide d'air. 2°. Lorsque les deux récipiens, après avoir été frottés quelque temps, étoient réduits au repos, si l'on approchoit la main du récipient extérieur, des éclats de lumière se répandoient sur la surface du récipient intérieur (2).

---

(1) Expér. phy. mécan. sur la lumière produite par le frottement, art. 8, page 167.

(2) *Ibid.*, art. 8, page 170.

Dans d'autres expériences, Hauksbée employa deux globes de verre très-peu distans l'un de l'autre, dont l'un étoit épuisé d'air (1): quelquefois aussi il fit servir à son usage un seul globe de verre tantôt plein, tantôt vide d'air, afin de mieux apprécier l'influence du fluide aériforme sur la production des phénomènes électriques (2).

§ VIII.

Il semble que nos vues s'étendent, que la sphère de notre intelligence s'agrandit à mesure que les phénomènes s'offrent à nos regards. Un secret arraché à la nature, enhardit à l'interroger d'une manière plus pressante ; et lorsqu'on n'obtient point une réponse favorable, on oppose à la résistance une espèce d'opiniâtreté. Cette conduite valut à Hauksbée des découvertes de la plus haute importance. Le premier, il a observé que la lumière sortant avec force d'un globe de verre frotté, alloit s'attacher aux extrémités des fils d'une frange de mousseline peu distante, en forme de petites étincelles brillantes comme

(1) Expér. phy. mécan. sur la lumière produite par le frottement, art. 9, page 173.

(2) *Ibid.*, art. 10, page 178.

les étoiles de la voie lactée, vues au télescope. Le premier, il a apperçu ces jets éclatans de lumière qui s'élancent d'un globe de verre frotté contre les doigts des spectateurs. Le premier, il a éprouvé une sensation douloureuse en présentant sa main à une petite distance d'un globe de verre électrisé. Le premier enfin, il a été frappé du bruit considérable qui accompagne l'émission et l'écoulement de la matière lumineuse (1). Ici je ne puis m'empêcher de reconnoître les premières traces de l'électricité animale, le premier germe des commotions et des étincelles électriques. Ces sortes de remarques ne sont point sans utilité dans l'histoire des Sciences ; elles servent à lier plus étroitement les découvertes et à suivre avec plus de facilité et d'assurance la marche de l'esprit humain.

§ IX.

Hauksbée ne se borne pas au verre, il soumet aux mêmes épreuves les matières résineuses. Un cylindre de bois recouvert d'une couche de cire à cacheter, d'un demi-pouce d'épaisseur, donne une lumière foible, mais jamais des

(1) Expér. phy. mécan. sur la lumière produite par le frottement, page 61.

étincelles (1). Hauksbée combine les matières résineuses avec les substances vitreuses, et cette combinaison fait naître des phénomènes remarquables. Un globe de verre vide d'air et enduit intérieurement de cire d'Espagne, à l'exception d'une certaine partie qui n'étoit pas recouverte vers les pôles, est animé d'un mouvement de rotation, et du moment que Hauksbée applique la main sur la surface de ce globe, il en aperçoit la figure distincte, et tous les traits dessinés avec une étonnante précision sur la partie concave de la couche de cire opposée à sa main. Un globe recouvert intérieurement de poix, présenta le même phénomène que la cire à cacheter. Un enduit de soufre l'offrit aussi, mais beaucoup moins distinctement.

Cette expérience excita une grande surprise que Hauksbée partagea avec plusieurs observateurs (2); il assure qu'il auroit regardé comme impossible le résultat obtenu, si plusieurs épreuves faites avec exactitude n'en avoient constaté l'existence. Des exemples de cette sorte ne sont point rares dans la carrière des sciences.

(1) Expér. phy. mécan. sur la lumière produite par le frottement, art. 12, page 205.

(2) *Voyez* la note 16 du troisième volume.

physiques. Combien d'effets qui nous paroissent équivoques, quelquefois même chimériques, et dont néanmoins la production ne coûte pas plus à la nature que celle des phénomènes en apparence les plus simples.

Gilbert avoit remarqué que la chaleur donne au succin une électricité sensible sans le secours du frottement; et Hauksbée reconnut la même propriété dans plusieurs autres corps naturels, tels que le soufre, la poix, la gomme-lacque. Divers cylindres de bois recouverts de ces diverses substances exposées à l'action de la chaleur, attiroient des corps légers à la distance de deux pouces. Hauksbée assure encore que ces cylindres, après leur refroidissement, présentoient les mêmes phénomènes, quoiqu'avec moins d'activité (1).

§ X.

Le spectacle de tant de beaux phénomènes électriques découverts par Hauksbée devoit naturellement lui inspirer le desir de connoître la cause qui les fait naître. Les limites que mon plan me prescrit, ne me permettent pas de

(1) Expér. physi. mécan. *de elec.*, chap. 5, art. 8, p. 34.

grands détails sur les conjectures formées par cet habile physicien. Je me borne à dire que dès ses premiers essais il soupçonna l'influence de l'air sur la production des effets électriques. Toutes les expériences qu'il fit ensuite avec son globe de verre, tantôt plein, tantôt vide d'air, servirent à fortifier ce soupçon. Peu à peu il se familiarisa avec cette idée ; et bientôt elle lui plut, au point qu'il regarda l'air comme la seule ou du moins comme la principale cause de ce genre de phénomènes (1). Passons à Hauksbée ces légers écarts de théorie, fruits ordinaires de la précipitation et de l'enthousiasme en faveur du grand nombre de vérités d'expérience dont il a enrichi la Physique. Quel est l'homme dont les pas dans la carrière des sciences ne soient marqués par des chutes, surtout lorsque les conceptions de l'esprit éprouvent l'influence des préventions de l'amour-propre, cette maîtresse chérie qui commande en despote, et dont malheureusement nous sommes presque toujours disposés à exécuter les volontés.

§ XI.

Toujours dirigé par le fil de l'expérience,

(1) Expér. phy. mécan. *de elec.*, chap. 5, art. 9.

Hauksbée parcourut en peu de temps (1) le vaste domaine de la Physique terrestre, et partout il laissa des traces profondes qui attestent sa grande sagacité. Il prépara avec adresse et exécuta avec dextérité dans l'église de Saint-Paul de Londres, en présence de Newton et Halley, les belles expériences qui avoient pour but de mesurer la résistance que l'air oppose aux corps tombant librement sur la surface de la terre. Il se livra à des recherches intéressantes sur les différentes modifications du son par rapport aux divers milieux dans lesquels il se propage, et fit voir, le premier, que la lumière des baromètres a pour cause le frottement du mercure dans le tube. Il présenta le phénomène des tubes capillaires sous une forme plus frappante, à l'aide de deux lames de verre ou de cuivre, tantôt parallèles, tantôt convergentes; reconnut que différens liquides s'élevoient entre ces plans à des hauteurs réciproques à la distance qui les sépare, et fournit à Newton le moyen de soumettre ces phénomènes capillaires à l'empire de l'attraction (2).

(1) Hauksbée n'a travaillé que 12 à 13 ans.

(2) *Voyez* La note 17 du troisième livre.

§ XII.

Taylor (1) étoit contemporain et compatriote de Hauksbée : tous deux avoient du goût pour l'étude de la nature, et du zèle pour ses progrès. La Société royale avoit invité les physiciens à déterminer la loi de diminution qu'éprouve la force magnétique sous le rapport de la distance. Taylor et Hauksbée réunirent leurs efforts pour parvenir à cette détermination, dont ils sentoient également la difficulté et l'importance. La méthode qu'ils employèrent consiste à mesurer la force de l'aimant par l'étendue de sa sphère d'activité, c'est-à-dire par le plus ou moins de distance d'où il peut se faire sentir à une aiguille, et agir sur elle pour la détourner de sa direction naturelle; et ils évaluèrent les effets en suivant les rapports des distances avec les angles de déclinaison. Mais les résultats auxquels ils parvinrent sont bien loin d'être satisfaisans (2). Le temps n'étoit point encore venu où un des plus grands physiciens dont la France ait à se glorifier pendant la durée du dix-hui- Taylor.

(1) Taylor, né en 1685, mort en 1731.

(2) *Voyez* la note 18 du troisième livre.

tième siècle, devoit déterminer les lois du magnétisme avec la plus grande précision (1).

§ XIII.

Lorsqu'on pince des cordes élastiques tendues, elles font des vibrations, et le nombre de ces vibrations se compose de divers élémens dont l'expérience avoit fait connoître la nature et les proportions. Il importoit de confirmer par la théorie le résultat qu'avoit donné l'expérience; et c'est à Taylor qu'est dû l'honneur de l'avoir tenté le premier avec succès.

Il compare deux cordes de même longueur et de même diamètre, animées d'un mouvement de vibration et tendues par des poids dans le rapport de 1 à 4 par exemple, à deux pendules de même longueur qui sont sollicités par des forces attractives dans le rapport de 1 à 4. Les temps des vibrations sont alors dans le rapport de 2 à 1, et conséquemment les nombres des vibrations qui s'effectuent dans un temps donné, sont comme les racines carrées de ces tensions.

En supposant que deux cordes de même diamètre, tendues par des poids égaux, ont leurs

(1) Coulomb.

longueurs dans le rapport de 1 à 4, il est visible que la tension se partageant uniformément sur les deux cordes, chaque point de la seconde n'aura que le quart de la tension d'un point de la première : on pourra donc, tandis que ces cordes vibreront, les regarder comme des pendules dont les longueurs et les forces attractives sont différentes. Les temps des vibrations seront donc en raison directe des racines carrées des longueurs, et en raison inverse des racines carrées des forces attractives ; et conséquemment les nombres des vibrations seront réciproques aux longueurs.

Enfin, si les diamètres de deux cordes de même longueur, et tendues par des poids égaux, sont supposés dans le rapport de 1 à 2, on pourra concevoir la seconde corde partagée en quatre autres de même grosseur que la première, mais dont chacune aura une tension exprimée par $\frac{1}{4}$. Les nombres des vibrations seront donc comme les racines carrées de ces tensions, c'est-à-dire en raison inverse des diamètres.

Si l'on combine ces divers élémens dont chacun a de l'influence sur le nombre des vibrations qui nous occupe, il est aisé de voir qu'à densité égale, le nombre de vibrations dans un temps donné, est proportionnel à la racine

carrée du poids qui tient une corde tendue divisée par le produit de sa longueur par son diamètre : résultat précieux qui a répandu le plus grand jour sur le mécanisme de la musique instrumentale (1), et qui nous offre ici un exemple frappant de ce que peut l'accord de la théorie et de l'expérience. Celle-ci reçoit de cet accord plus de lumière et de clarté, et l'autre acquiert un degré de certitude qui porte dans l'esprit la plus parfaite conviction.

---

(1) *Voyez* la note 19 du troisième livre.

CHAPITRE IV.

Tableau des services rendus à la Physique par Amontons, Sauveur, Homberg, Lahire, etc.

§ Ier.

Je quitte un instant l'Angleterre qui tient en main le sceptre de la philosophie naturelle, pour parcourir diverses contrées de l'Europe savante, et apprécier leur influence sur les progrès de la Physique. La France offre à mes regards plusieurs hommes célèbres, parmi lesquels Amontons (1) mérite d'être distingué; il suivit de près Mariotte dans la carrière des sciences physiques, et il hérita de son talent et de son zèle: même pénétration d'esprit, même finesse de tact, même aptitude à interroger la nature, même sagacité pour interpréter son langage. Il me semble voir revivre Mariotte dans la personne d'Amontons. Un coup d'œil jeté sur le tableau des découvertes qui récompensèrent ses efforts, suffira pour justifier cette assertion. Amontons

(1) Guillaume Amontons, né à Paris, l'an 1663, mort l'an 1705.

§ II.

La chaleur tend toujours à écarter les molécules de l'air, et lorsqu'un obstacle s'oppose à leur écartement, le ressort de l'air acquiert plus d'activité et d'énergie. Cette augmentation du ressort de l'air par la chaleur, avoit été apperçue par Hauksbée. Il étoit réservé à Amontons de la mesurer avec quelque précision. Il apprit par expérience, que la chaleur de l'eau bouillante n'augmente que d'environ un tiers le ressort qui anime l'air à la surface de la terre où il est chargé de tout le poids de l'atmosphère. Il trouva qu'un même degré de chaleur augmente toujours la force élastique de l'air dans le rapport du tiers des poids qui le compriment lorsqu'il éprouve une douce température. Il reconnut enfin que l'élasticité de l'air, animée par la chaleur, est d'autant plus puissante que sa densité est plus grande.

A ces précieux résultats donnés par l'expérience, Amontons en joint un autre qui consiste en ce que l'eau parvenue une fois à l'ébullition, cesse de s'échauffer quelque longue que soit la durée de l'action de la chaleur, et quelque grande que soit son activité. Ces découvertes

couvertes ne seront point stériles, elles vont recevoir de leur auteur une heureuse fécondité.

§ III.

Amontons en France, Newton et Hauksbée en Angleterre, s'occupoient presque dans le même temps de construire des thermomètres comparables, c'est-à-dire, qui, en les supposant faits d'après les mêmes principes, même en différens temps et en différens lieux, marquassent tous le même degré dans des températures semblables. Mais chacun de ces physiciens tendoit à son but par une route différente. Newton employoit l'huile de lin à la construction du thermomètre, et donnoit à son échelle des limites invariables. Hauksbée tâchoit de faire disparaître le vague et l'arbitraire que présente l'échelle du thermomètre à alcool des académiciens de Florence ; et Amontons travailloit à perfectionner le thermomètre à air imaginé par Drebbel.

Les principes qu'Amontons vient de découvrir lui fournissent, d'une part, un terme de chaleur facile à saisir et qui renferme au-dessus de lui tous les degrés de froid et de chaud qu'on peut éprouver dans les différens climats; et d'autre part il verse du mercure dans la longue

branche d'un tuyau recourbé, pour comprimer l'air contenu dans la boule qui termine la courte branche.

La masse d'air qu'il fait entrer dans la boule est telle, qu'étant plongée dans l'eau bouillante, elle puisse soutenir une colonne de mercure de 73 pouces, y compris le poids de l'atmosphère; c'est-à-dire, que si le baromètre est à 28 pouces dans le temps et dans le lieu de la construction de l'instrument, il faut que la colonne de mercure qu'il soutient soit de 45 pouces. A mesure que cette masse d'air se refroidit, la force de son ressort diminue et la colonne de mercure se raccourcit à proportion; de manière que si cette masse d'air est à la température de la glace fondante, au lieu de soutenir une colonne de mercure de 73 pouces, elle n'en soutient qu'une de 51 pouces et demi.

Comme la masse d'air renfermée dans la boule a à soutenir non-seulement le mercure contenu dans le tube adapté à la boule, mais encore la colonne d'air qui pèse à l'ouverture de ce tube, et dont la pression est variable, il est visible qu'on ne peut se servir de cet instrument sans avoir égard à la hauteur actuelle du baromètre. Il faudroit d'ailleurs, pour que des thermomètres construits d'après ces prin-

cipes fussent exactement comparables, employer le même air pour remplir la boule de chaque instrument : condition difficile, pour ne pas dire impossible à remplir dans des temps et dans des lieux différens. Malgré ces défectuosités, si l'on en excepte le thermomètre de Newton, celui d'Amontons a un grand avantage sur les autres ; il offre un degré extrême de chaleur, déterminé par la chaleur de l'eau bouillante, tandis que les thermomètres de Drebbel et de Florence n'ont rien de fixe et de constant qui puisse servir à régler les comparaisons.

§ IV.

Si l'on échauffe avec la main la boule d'un thermomètre, la liqueur qui devroit s'élever aussitôt dans le tuyau, ne monte qu'après avoir souffert une légère dépression. Amontons la rapporte à la dilatation de la boule dont la chaleur augmente la capacité avant qu'elle ait pu agir sur la liqueur, et trouve ainsi la véritable cause d'un phénomène vulgaire qui exerçoit vainement la sagacité des Physiciens (1).

Pour appuyer cette explication, Amontons fait l'expérience avec deux liqueurs de diffé-

(1) Amontons. Remarques et expériences physiques, etc., page 53.

rente volatilité, l'alcool et l'acide nitrique affoibli ; l'alcool descend moins vîte que l'acide, parce qu'il reçoit plus vîte l'impression de la chaleur, et que la grandeur et la promptitude de sa raréfaction font plus que compenser l'effet de la dilatation de la boule.

§ V.

Les instrumens imaginés pour interroger la nature sont d'abord remplis d'imperfections, qu'on voit ensuite successivement disparoître à mesure qu'ils s'éloignent de l'époque de leur origine. L'histoire du télescope, du microscope, du thermomètre, de la pompe pneumatique, etc. dépose hautement pour l'existence de cette loi ; le baromètre seul en est exempt. Cet instrument, tel qu'il est sorti des mains de son premier auteur, est encore aujourd'hui le plus exact et le meilleur des baromètres. Il semble qu'en lui enlevant sa simplicité originelle, on lui ait fait perdre en même temps sa précision et sa fidélité.

Le baromètre conique d'Amontons (1) consiste en un simple tube de verre d'environ quatre pieds de longueur, scellé par un bout et ouvert

---

(1) Amontons. Remarques et expériences physiques, page 123.

par l'autre. Le diamètre du tube est d'une ligne à l'extrémité fermée, et il augmente par degrés peu sensibles jusqu'à l'autre extrémité. Ce tube renferme une colonne de vingt-huit pouces de mercure à compter depuis l'extrémité scellée; et ces vingt-huit pouces étant ramenés vers l'extrémité ouverte, se réduisent à vingt-six, à raison de la plus grande capacité que le tube a vers cette extrémité. On applique ce tube sur une règle de bois; elle contient une graduation de dix parties égales qui occupent une longueur de quinze pouces, à compter de l'extrémité scellée du tube.

Lorsqu'on veut se servir de cet instrument, on le suspend ou on le tient à la main, l'extrémité ouverte en bas. Dans cette situation, si l'atmosphère pèse moins qu'une colonne de mercure de vingt-huit pouces, la colonne métallique descend jusqu'à ce qu'elle s'arrête au point où elle fait équilibre à la pression de l'atmosphère; de manière que si cette pression parvient à sa limite de décroissement, l'extrémité supérieure de la colonne de mercure se trouve précisément au commencement de la graduation, et remonte ensuite à mesure que la pression atmosphérique augmente.

A l'avantage d'une construction simple et ingénieuse, ce baromètre joint celui de pouvoir servir utilement aux gens de mer, par la facilité du maniement et du transport. Mais, il faut l'avouer, on ne sauroit l'employer pour des observations qui exigent une grande exactitude. L'irrégularité du mouvement de la colonne de mercure, et le frottement considérable qu'elle éprouve dans le tube, résistent victorieusement à la précision des résultats.

§ VI.

L'humidité de l'atmosphère a autant d'influence que la pression et la température sur l'économie animale et sur la production d'un grand nombre de phénomènes. Il importe également de connoître ces diverses affections de l'air, et de mesurer avec exactitude les fréquentes variations qu'elles éprouvent. Ce triple objet d'utilité ne pouvoit échapper à l'attention de l'ingénieux Amontons. Chacun lui paroît digne d'exercer sa sagacité, et l'accueil flatteur que viennent de recevoir le thermomètre et le baromètre de son invention, le porta à diriger son activité vers la découverte d'un nouvel hygromètre. Celui qu'il imagina est fondé sur la propriété qu'a la corne de se relâcher quand

l'air est humide; de se resserrer quand il est sec (1). Des détails sur la manière de le construire me paroissent d'autant plus inutiles, qu'il étoit bien loin de remplir le but qu'on doit se proposer dans l'invention des instrumens de cette sorte; celui de les rendre comparables.

§ VII.

Le vide existe dans les cieux, ou du moins la matière qui les remplit n'oppose jamais une résistance sensible. Les mouvemens s'y effectuent toujours sans changement, et les lois qui les maîtrisent s'y exécutent avec une grande précision. Il n'en est pas de même sur la terre. Le fluide grossier qui l'enveloppe est un obstacle qui renaît sans cesse. Il commande à chaque instant le sacrifice d'une partie de la force qui fait mouvoir les corps terrestres; et à cette cause de déperdition de mouvement se joint celle du frottement qui résiste plus puissamment que la première, à l'exécution des lois de l'inertie. Sous ce double rapport elles éprouvent des modifications qu'il importe d'apprécier; Newton a calculé l'influence respective des divers élémens dont se compose la résistance des

(1) Remarques et expériences physiques, page 132.

fluides. Amontons, devoit, le premier, jeter quelque jour sur l'importante théorie des frottemens.

Le poli parfait n'existe point dans la nature. Un artiste habile peut sans doute faire disparoître un grand nombre des inégalités qui hérissent la surface des corps, mais il ne parvient jamais à les faire entièrement évanouir. Lors même qu'il croit avoir bien poli une surface, le microscope la montre sillonnée de cavités et d'éminences qui font naître la résistance connue sous le nom de *frottement*. Amontons sentit, le premier, le besoin de l'apprécier, et une série d'expériences délicates le conduisit à prouver: 1° que la résistance occasionnée par le frottement est à peu près le tiers de la force qui tient les surfaces appliquées l'une contre l'autre; 2° que le frottement ne suit pas le rapport des surfaces, mais seulement celui des pressions. C'est d'après ces principes qu'Amontons donna des règles pour calculer la quantité de frottement, et l'augmentation de puissance nécessaire pour le vaincre (1).

Nous verrons bientôt que les résultats des expériences d'Amontons manquent d'exactitude.

(1) Mémoires de l'Académie, an 1699.

Mais que peut-on attendre d'une théorie naissante dans un temps où les instrumens qui servent à l'établir sont encore bien loin de leur terme de perfection ?

§ VIII.

Les cordes souvent utiles, quelquefois même nécessaires au service des machines, ont toutes une certaine roideur qui les empêche de se courber facilement sur un cylindre; et la puissance est toujours obligée d'employer une partie de sa force à vaincre cette sorte de résistance. Amontons essaya, le premier, de la déterminer à l'aide de l'expérience, et s'il n'est point parvenu à une détermination exacte, il a du moins la gloire d'avoir tracé la route qui devoit conduire à un résultat satisfaisant.

Avec tant de titres à la renommée, Amontons a vécu dans une sorte d'obscurité. Toujours occupé à perfectionner ses inventions, ou à en imaginer de nouvelles, il dédaigna de soigner sa réputation et d'acquérir cette sorte de célébrité qui commande la confiance populaire : de là vient peut-être qu'on taxa de rêverie sa découverte du télégraphe (1). Quoique soumise deux fois à l'épreuve de l'expérience,

(1) *Voyez* la note 20 du troisième livre.

elle fut étouffée dans son berceau, pour renaître, cinquante ans après, avec tous les caractères de justesse et d'utilité qui la distinguent.

§ IX.

Quelques Physiciens français, contemporains d'Amontons, méritent de trouver ici leur place.

Parent. Camus. Parent (1) et Camus (2) cultivèrent après lui l'importante théorie des frottemens. Le premier ajouta aux résultats obtenus par Amontons, quelques considérations ingénieuses consignées dans les Mémoires de l'Académie, 1700, 1704. Le second a fait sur le frottement des traîneaux et des voitures à roues, des expériences exactes que renferme son Traité des forces mouvantes.

La Hire. Homberg. La Hire (3) a rendu quelques services à la mécanique, et l'on doit principalement à Homberg (4), élève dans sa jeunesse, de Otto de Guerike et de Boyle, d'avoir découvert une sorte de phosphore et d'avoir introduit en France la pompe pneumatique avec quelques légères modifications qui n'ont point été sans utilité.

---

(1) Parent, né en 1666, mort en 1716.
(2) Camus, né en 1699, mort en 1768.
(3) La Hire, né en 1656, mort en 1718.
(4) Homberg, né à Batavia en 1653, mort en 1715.

Parmi les nombreuses inventions du père Sébastien, je distingue une machine composée de quatre paraboles égales qui se coupoient à leur sommet, et au moyen de laquelle il rendoit sensible la loi qui maîtrise tous les corps tombant vers la surface de la terre. Le docteur Althwood nous a donné dans ces derniers temps un instrument plus ingénieux et plus exact pour démontrer la même loi. Tous les ouvrages élémentaires de Physique en renferment la description. Le père Sébastien. Althwood.

§ X.

Il semble qu'une forte passion pour la musique ne peut s'allier avec le double défaut de justesse dans l'oreille, d'agrément et de flexibilité dans l'organe de la voix. Cette réunion présente, au premier abord, une sorte de contrariété qui peut la faire regarder comme un caprice de la nature, lorsqu'elle nous en offre l'exemple dans la personne de Sauveur (1). Ce physicien ingénieux étoit réduit à emprunter la voix ou l'oreille d'autrui, et cependant la science des sons devint en quelque sorte son domaine. Il en soigna constamment la culture, il en recula les limites; et recueillit pour prix Sauveur.

(1) Sauveur, né en 1653, mort en 1716.

de ses efforts une ample moisson de découvertes. Le son fixe, les nœuds des ondulations, une nouvelle langue de musique, un monocorde singulier : toutes ces belles inventions dont je donne le développement dans une note (1), assurent à leur auteur des titres honorables à la célébrité et à la gloire.

(4) *Voyez* la note 21 du troisième livre.

CHAPITRE V.

Tableau des services rendus à la Physique par Etienne Gray, Wheeler, Desaguilliers, Dufay, etc.

§ Ier.

Les soins assidus donnés à l'électricité par Hauksbée avoient commencé à détruire une sorte de langueur qui prolongea trop long-temps son enfance. Tous les savans applaudirent aux efforts et aux succès de cet habile Physicien, mais aucun n'eut le courage de le suivre dans cette épineuse carrière. L'électricité resta pour ainsi dire stationnaire pendant l'espace de vingt ans; et lorsqu'après ce terme Etienne Gray (1), enflammé par le tableau des belles découvertes de Hauksbée, se passionna pour ce genre de recherches, les tubes de verre qui avoient servi aux expériences de Gilbert, obtinrent la préférence sur les globes de même matière, que Hauksbée venoit d'employer avec tant de dextérité et d'avantage. C'est ainsi que la marche Gray.

(1) Etienne Gray, né en....., mort en 1736.

des sciences est quelquefois suspendue, ou du moins ralentie, par un choix mal fait des procédés et des méthodes.

§ II.

S'il est vrai que les recherches expérimentales ne conduisent pas toujours au but qu'on se propose d'atteindre, il arrive du moins qu'on se dédommage quelquefois de son travail et de sa peine par des succès inattendus. Etienne Gray va éprouver plus d'une fois ce que j'avance, dans le cours de ses nombreuses expériences électriques.

Il s'occupa d'abord de grossir la liste des corps que le frottement électrise. Une plume qu'il fit passer entre ses doigts, donna des signes sensibles d'électricité ; et par un procédé semblable, il parvint à électriser plusieurs substances chauffées, telles que le poil, la soie, la toile, la laine, le papier, le cuir, le bois, le parchemin et la baudruche. La soie et le fil jetoient de la lumière dans l'obscurité. Le papier blanc, surtout chauffé au point de devenir brûlant, répandit une grande clarté, et Gray assure qu'en approchant ses doigts il en sortit des étincelles.

§ III.

Hauksbée avoit vainement essayé d'électriser par frottement des globes métalliques animés d'un mouvement de rotation, et Etienne Gray ne put obtenir aucun signe d'électricité de divers métaux soumis à la triple épreuve du frottement de la chaleur et de la percussion. Mais ces tentatives, quoiqu'infructueuses, le conduisirent à l'importante découverte de l'électricité acquise par communication. Il soupçonna que comme un tube frotté dans l'obscurité communiquoit sa lumière aux corps situés dans son voisinage, il pourroit peut-être aussi leur communiquer la vertu électrique. Pour confirmer ou pour détruire ce soupçon, il prit un tube creux de verre de trois pieds cinq pouces de longueur et d'environ un pouce deux dixièmes de diamètre; et il adapta à chaque bout un bouchon de liége pour garantir sa surface intérieure de la poussière et de l'humidité.

Après avoir remarqué que la force électrique étoit la même, soit que les deux bouts du tube fussent ouverts, soit qu'ils fussent fermés, il s'apperçut qu'un duvet de plume situé vis-à-vis le bout supérieur du tube couroit au bouchon de liége qui l'attiroit et le repoussoit ensuite

aussi bien que le tube. Ce phénomène fut un trait de lumière auquel Gray reconnut dans le bouchon de liége une puissance attractive communiquée par le tube.

Suivons Etienne Gray dans le cours de ses expériences. Il attache une boule d'ivoire au bout d'un bâton de sapin d'environ quatre pouces de longueur, tandis que l'autre bout est enfoncé dans le liége, et il trouve que la boule attire et repousse la plume. L'expérience a le même succès, soit que Gray substitue au bâton de sapin une tige métallique, soit qu'il attache la boule à une longue ficelle suspendue au tube par un anneau.

Voilà donc une nouvelle manière d'électriser dont Etienne Gray a dévoilé l'existence. Les métaux, le bois, le liége, des cordons de fil d'une longueur quelconque, et plusieurs autres substances dans lesquelles le frottement ne peut développer une électricité sensible, s'électrisent du moment qu'on les met en contact, ou du moins au voisinage d'un corps électrisé par frottement.

§ IV.

Mais pour communiquer à un corps la vertu électrique, suffit-il de le mettre en présence d'un corps électrisé par frottement? Etienne

Étienne Gray répond lui-même à cette question, et la réponse lui est fournie par la nature, dans un temps où il étoit bien loin de l'interroger sur cet objet. Il essayoit de propager l'électricité à une grande distance suivant une direction horizontale, à la faveur d'une corde de chanvre dont une extrémité étoit attachée au tube de verre, tandis que l'autre portant une boule d'ivoire, étoit soutenue par une ficelle qui pendoit verticalement. Le tube étant électrisé, des feuilles métalliques, placées sous la boule, ne donnèrent aucun signe d'attraction.

Découragé par le peu de succès de cette expérience, Etienne Gray perdoit tout espoir de faire prendre à l'électricité une direction horizontale, lorsque Wheeler eut l'idée heureuse de substituer un cordon de soie à la ficelle de chanvre qui soutenoit le cordon horizontal. Cette substitution eut lieu, et l'expérience eut du succès. La rupture inattendue du cordon de soie engagea Gray et Wheeler à le remplacer par un fil de laiton qu'ils avoient sous la main; mais alors la boule d'ivoire n'exerça aucune action sensible sur les feuilles métalliques qui en étoient voisines. Nos deux physiciens furent forcés de reprendre des cordons de soie assez gros pour n'avoir plus à craindre

le danger de la rupture, et alors ils parvinrent à conduire l'électricité à sept cent soixante-cinq pieds, sans que l'effet fût sensiblement diminué par la distance (1).

Cette expérience conduisit Gray et Wheeler à cette conclusion remarquable. Le chanvre et les métaux offrent un passage facile au fluide électrique; la soie résiste victorieusement à sa propagation. Les mêmes physiciens ne tardèrent pas à reconnoître que les poils, le verre, la résine et l'air partagent avec la soie la faculté non-conductrice. J'ai pour garant de cette assertion, l'emploi qu'ils vont faire de ces substances pour isoler les corps, c'est-à-dire, pour les environner de matières qui n'acquièrent point l'électricité par communication.

§ V.

En entrant dans la carrière de l'électricité, Etienne Gray étoit bien loin d'appercevoir ou même de soupçonner la grandeur de l'espace qu'il avoit à parcourir. A mesure qu'il avance, il découvre un nouveau champ d'observations, et souvent il recueille une ample moisson de phé-

(1) Philosoph. Trans. Abridg., vol. 7, page 15.

nomènes. Tantôt, c'est une bulle d'eau savoneuse électrisée par l'intermédiaire d'une pipe à fumer, qui attire des feuilles métalliques à la distance de quatre pouces (1); tantôt, c'est de l'eau pure électrisée, et isolée sur un plateau de verre ou de résine, qui attire et repousse ensuite les corps légers qui se trouvent dans sa sphère d'activité. Ici, c'est une masse d'eau ou de mercure qui s'élève sous forme de cône dirigeant son sommet lumineux dans l'obscurité vers un gros tube de verre électrisé qu'on lui présente (2). Là, c'est un enfant isolé sur un gâteau de résine, que Gray électrise par le moyen d'un conducteur. Quelquefois l'enfant est suspendu sur des cordons de crin dans une position horizontale; et lorsque Gray approche de ses pieds son tube de verre frotté, il trouve que la tête attire les corps légers beaucoup plus fortement que les pieds ne les attirent, s'il présente à la tête le même tube électrisé (3). Ailleurs enfin, une verge de fer de quatre pieds de longueur et de six lignes de diamètre, pointue à chaque extrémité, est suspendue sur des cordons de soie dans une profonde obscurité;

(1) Philos. Trans. Abridg., vol. 7, page 19.
(2) *Ibid.*, volume 7, page 23.
(3) *Ibid.*, volume 7, page 20.

et lorsque Gray approche d'un des bouts son tube électrisé, des aigrettes lumineuses se montrent avec éclat à chaque extrémité de la verge métallique.

Aujourd'hui que ces découvertes nous sont devenues familières, il faut, pour juger de leur importance, remonter à l'époque de leur origine. On ignoroit alors le vrai moyen de développer l'électricité dans les corps animés et les liquides. On ignoroit la belle propriété qu'ont les pointes de soutirer l'électricité sans bruit et sans explosion. On ignoroit enfin l'existence de ces brillantes aigrettes dont le spectacle, quoique vulgaire, excite chaque jour l'admiration et la surprise.

§ VI.

Etienne Gray est trop riche en découvertes pour craindre d'avouer qu'il paya son tribut à l'humanité par des erreurs. Il crut que la couleur des corps est plus ou moins favorable au développement de l'électricité. Il crut voir des corps légers suspendus par un fil, faire d'occident en orient leurs révolutions dans des ellipses dont une balle de fer électrisée occupoit le foyer, et être ainsi bientôt à même de dévoiler le véritable mécanisme du système planétaire. Cette idée le suivit jusqu'au tombeau. Quelques jours

avant sa mort il la communiqua au docteur Mortimer, alors secrétaire de la Société royale, avec le détail des expériences qui lui paroissoient propres à la réaliser. Celui-ci, voulant se convaincre par lui-même de l'existence du phénomène, partagea l'erreur de son ami ; et il fallut pour la détruire que Wheeler, répétant les mêmes expériences avec une grande variété de circonstances, obtînt un résultat différent dans le lieu même consacré aux séances de la Société royale, et en présence de ses membres les plus distingués. Il y a lieu de croire que le desir de produire le mouvement d'occident en orient étoit la cause secrète qui avoit déterminé le corps suspendu à se mouvoir suivant cette direction au moyen d'une légère impulsion donnée par la main qui tenoit le corps suspendu; et ce qui semble justifier cette opinion, c'est que Gray regardoit comme une des conditions nécessaires au succès de l'expérience, que le fil fût soutenu non par un point fixe quelconque, mais par un corps animé.

§ VII.

Desaguilliers est né en France (1) au milieu Desaguilliers.

(1) Jean-Théophile Désaguilliers, né à la Rochelle en 1683, d'un ministre protestant, mort à Londres en 1743.

des périls qui toujours accompagnent une révolution (1). Ce fut pour l'en garantir que son père alla chercher en Angleterre une retraite contre les fureurs du fanatisme. Le jeune Désaguilliers fit ses études à Oxford; et son goût pour les sciences physiques se développa par la culture : doué d'un bon esprit et d'une grande sagacité, il sentit tout le prix de la philosophie newtonienne ; il l'embrassa avec transport, la défendit avec chaleur, et consacra les plus beaux jours de sa vie à la répandre. Des leçons publiques données avec le plus grand succès en Hollande et en Angleterre attestent le zèle qui l'animoit pour la rendre accessible et pour la faire triompher. Ces leçons rédigées avec soin se transformèrent en un corps d'ouvrage que toutes les nations de l'Europe ne tardèrent pas à s'approprier par différentes traductions, et qui donna à son auteur une grande célébrité.

A ces services rendus à la Physique, Désaguilliers en joignit d'autres qui ont eu sur ses progrès une influence salutaire. Il contribua à perfectionner la théorie des frottemens, avec

(1) Cette révolution fut causée par la révocation de l'Edit de Nantes.

le secours d'un instrument de son invention, qui rend sensible la différence des résistances qu'éprouve un corps, suivant qu'il glisse ou qu'il roule sur un plan. Il mesura avec plus d'exactitude qu'Amontons, la résistance que fait naître la roideur des cordes dans le service des machines, et dressa un tableau de résultats, qui montrent quelle est la force nécessaire pour faire courber des cordes de diverses grosseurs, tendues par divers poids sur des cylindres de différent diamètre (1).

Gray et Wheeler avoient reconnu que l'air sec n'est point propre à propager l'électricité. Desaguilliers est le premier qui l'ait annoncé aux physiciens. Le premier, il appliqua le terme de *conducteur* aux corps qui s'électrisent par communication; et il nomma *électriques par eux-mêmes*, ceux dans lesquels l'électricité se développe avec le secours du frottement.

§ VIII.

L'Europe savante ne pouvoit contempler avec indifférence le tableau des beaux phénomènes électriques qui lui étoit offert par l'Angleterre. En France, Dufay s'en empara le premier; il Dufay.

(1) Voyez la note 22 du troisième livre.

répéta avec soin les expériences des physiciens anglais, constata l'exactitude des résultats obtenus, et ajouta à ce fonds de richesses plusieurs découvertes qui ont jeté un grand jour dans cette ténébreuse carrière. Il trouva le moyen d'électriser par frottement toutes les substances naturelles, à l'exception des métaux, des gommes, des sels, des liquides; et il parvint à faire acquérir la vertu électrique à tous ces corps solides ou fluides, en leur présentant, après les avoir isolés, son tube de verre électrisé. Il communiqua l'électricité d'un corps à un autre séparé du premier par un intervalle de dix ou douze pouces, au milieu duquel on avoit placé une bougie allumée. Il observa que les corps les moins électriques par eux-mêmes, étoient ceux qui acquéroient le plus haut degré d'électricité par l'approche du tube électrisé. Il trouva enfin que l'électricité transmise à la manière de Gray, par une ficelle de chanvre, se propageoit avec plus de facilité à une distance de douze cent cinquante-six pieds lorsque la ficelle étoit humectée.

Gray étoit parvenu à électriser un homme isolé; mais l'électricité communiquée ne se manifestoit que par des attractions et des répulsions alternatives. Dufay alla plus loin : il se fit suspendre par des cordons de soie, et du moment

qu'il fut électrisé, un des spectateurs avançant sa main vers une partie quelconque de ses habits ou de son corps, on en vit sortir des étincelles brillantes dont chacune lui faisoit partager avec Dufay une sensation douloureuse. Ce phénomène excita une vive surprise et donna à Dufay une grande célébrité. Il acquit ensuite de nouveaux titres à la gloire, par une découverte moins brillante sans doute, mais peut-être plus utile à l'avancement de la science.

§ IX.

Le premier, il annonça l'existence de deux espèces différentes d'électricité ; l'une, qu'il appelle *électricité vitrée*, appartient au verre, au cristal de roche, aux pierres précieuses, à la laine, aux poils des animaux, etc.; l'autre, qu'il nomme *électricité résineuse* est celle de l'ambre, de la gomme-lacque, de la soie, du fil, du papier, etc. Le caractère distinctif de ces deux électricités est de se repousser elles-mêmes et de s'attirer l'une l'autre. Un corps qu'anime l'électricité vitrée, repousse tous les corps qui jouissent de la même électricité et il attire ceux qui possèdent l'électricité résineuse. Dufay indique un moyen facile de connoître à laquelle des deux espèces d'électricité appartient celle

d'un corps quelconque. Il suffit d'approcher de ce corps un fil de soie électrisé. Si le fil est repoussé, le corps et le fil ont la même électricité, c'est-à-dire la résineuse. Si le fil est attiré par le corps, celui-ci est doué de l'électricité vitrée. Ici je découvre la première trace de l'électromètre, instrument précieux qui sert à annoncer la présence de l'électricité, à en déterminer l'espèce et à en mesurer la force.

La découverte de ces deux sortes d'électricité est une découverte importante. Elle tire son prix de la clarté qu'elle répand sur un grand nombre de phénomènes électriques. Elle est devenue de nos jours un principe de théorie, c'est-à-dire une de ces vérités générales qui rendent la gloire de son auteur en quelque sorte populaire.

CHAPITRE VI.

Tableau des services rendus à la Physique par Leibtniz, Stahl, Boerhaave.

§ Ier.

TANDIS que Newton illustroit son siècle et sa patrie, l'Allemagne se glorifioit d'avoir vu naître Leibnitz (1) qui partageoit avec Newton les qualités les plus brillantes du génie. Je laisse à l'historien des mathématiques le soin d'apprécier l'influence respective de ces deux grands hommes sur la naissance et les progrès de la haute Géométrie : les services rendus à la Physique doivent fixer exclusivement mon attention. Leibnitz.

L'homme de génie ne suit jamais les routes battues ; il les abandonne à ces esprits vulgaires qui ne soupçonnent même pas la possibilité de s'en frayer une nouvelle. En vertu de la force de son ressort, il s'élance dans des sentiers inaccessibles à la multitude ; il les parcourt avec rapidité ; et lors même qu'il fait des chutes, elles

(1) Leibnitz, né à Leipsick en Saxe, le 23 juin 1646, mort le 14 novembre 1716.

ont un caractère de hardiesse et de grandeur qui les distingue de ces chutes humiliantes que font naître la médiocrité et la foiblesse. Je vais offrir à mes lecteurs un exemple frappant de cette vérité.

§ II.

Dans cette saison de la vie où ceux qui se livrent aux sciences sont à peine familiarisés avec leurs principes élémentaires, Leibnitz forma et exécuta le plan vaste et hardi d'une Physique générale complète. Elle parut en 1671 sous ce titre, *Hypothesis Physica Nova*, ou *Theoria motûs*. Elle est fondée sur des idées propres à charmer l'esprit par la simplicité et la généralité qui les distinguent. Leibnitz les fait servir avec adresse à établir une théorie du mouvement, neuve, subtile, facile à saisir; et elles se divisent ensuite, pour ainsi dire à l'infini, pour embrasser isolément tous les phénomènes de la nature.

Leibnitz regarde la matière comme une, simple, étendue. Pour connoître sa nature, il se transporte par l'activité de la pensée au-delà de l'étendue, et y conçoit une certaine force qui donne à la matière une tendance au mouvement et qui constitue son essence.

L'air n'est que de l'eau dont les molécules

sont réduites à un état de grande ténuité. Un autre fluide, l'éther, beaucoup plus délié que l'air, sert à propager le son; et sa circulation autour de la terre fait naître la pesanteur. La chaleur des corps est produite par un mouvement imprimé aux particules qui les composent. La lumière et la chaleur dépendent de la même cause, avec cette différence, que les corps lumineux ont le privilége exclusif de lancer, suivant une direction rectiligne, les molécules les plus subtiles de leur propre substance (1).

§ III.

La force qui anime un corps s'estime en multipliant sa masse par sa vitesse. Tous les physiciens étoient d'accord sur cette mesure de la force, lorsque Leibnitz annonça qu'il falloit distinguer soigneusement celle qui s'exerce contre un obstacle invincible, de celle qui agit contre un obstacle qui cède. La première se compose de la vitesse combinée avec la masse. Mais la seconde, disoit Leibnitz, ne peut être justement appréciée qu'en combinant la masse avec le carré de la vitesse (2), cette opinion fut

(1) *Hypothesis Physica nova passim.*
(2) Actes de Leipsick, 1695, pag. 149.

combattue et défendue avec le même acharnement; et les écoles ont trop long-temps retenti des querelles des physiciens sur la question des *forces vives*. Il n'a fallu pour mettre fin à cette dispute oiseuse et puérile, que faire entrer la considération du temps dans l'examen des faits sur lesquels Leibnitz et ses partisans établissoient leur doctrine. L'effet produit par un corps animé d'une vitesse comme deux est sans doute quadruple de celui qu'il produiroit avec une vitesse comme un. Mais cela n'arrive que parce que dans le premier cas, le mobile fait un effort répété deux fois autant que celui du même corps animé d'une vitesse comme un.

§ IV.

Leibnitz eut l'idée d'appliquer à la Physique le fameux principe des causes finales, qui consiste dans la combinaison des effets que commande la puissance divine avec ceux que conseille la souveraine sagesse. L'une fait toujours ce qui peut être de plus grand; l'autre tout ce qui peut être de mieux, et c'est à ce plus grand combiné avec ce meilleur, que l'univers doit l'existence. En partant de ce principe, Leibnitz regarde comme conforme à la sagesse suprême qu'un rayon lumineux aille toujours d'un point

à un autre par le chemin le plus facile (1); et il mesure la facilité de ce chemin par le rapport composé de sa longueur et de la résistance que le rayon éprouve dans le milieu où il se meut. Il détermine ensuite par le calcul, quel est le chemin le plus facile, et il trouve que le rapport des sinus d'incidence et de réfraction est constant et immuable.

Cette idée de Leibnitz est ingénieuse; elle étoit même séduisante avant que Newton eût montré la véritable cause de la réfraction de la lumière; qu'il en eût déduit les lois qui maîtrisent cette réfraction; et qu'il eût fait voir qu'un rayon lumineux ne choisit en se réfractant, ni le temps le plus court, ni le chemin le plus facile.

§ V.

Le baromètre éprouve de fréquentes variations, Leibnitz s'occupa de déterminer la cause qui les produit Il crut que les molécules aqueuses répandues dans l'atmosphère augmentent le poids de l'air, s'il les soutient; qu'elles le diminuent quand il les abandonne à la pesanteur qui les sollicite vers la terre.

Pour appuyer cette idée ingénieuse, Leibnitz propose d'attacher aux deux extrémités d'un fil

(1) Act. Leips., ann. 1682.

deux corps, l'un plus pesant, l'autre plus léger que l'eau, de manière que tous deux ensemble flottent sur la surface du liquide. Après les avoir mis dans un tuyau plein d'eau, il faut suspendre ce tuyau à une balance, où il soit exactement en équilibre avec un poids; on doit ensuite couper le fil où sont attachés les deux corps de pesanteur inégale, ce qui oblige le plus pesant à tomber. Leibnitz prétendoit qu'alors le tuyau ne seroit plus en équilibre, mais que le poids qui lui est égal l'emporteroit et le feroit monter, parce que le fond de ce tuyau seroit moins chargé.

Sur l'invitation de Leibnitz, Ramozzini, professeur à Padoue, fit cette expérience, et après quelques tentatives inutiles, il obtint un résultat satisfaisant. Elle fut répétée par Réaumur, que l'Académie des Sciences avoit chargé du soin de la vérifier; mais Désaguilliers réclama ensuite contre le résultat de cette expérience, contre les conséquences qu'on prétendoit en déduire; et ses justes réclamations furent généralement accueillies. (1)

§ VI.

Les Actes de Leipsick renferment divers autres

(1) *Voyez* la note 23 du troisième livre.

écrits

écrits de Leibnitz, et dans tous on reconnoît des traces de cette originalité piquante qui caractérise le génie : il est fâcheux qu'un penchant décidé pour les subtilités métaphysiques ait trop souvent détourné ce grand homme des vrais sentiers de la nature toujours éclairés par le flambeau de l'observation et de l'expérience.

L'Allemagne réclamoit une Société académique, rivale de celles que Londres et Paris voyoient fleurir dans leur enceinte. Leibnitz conçut le plan de cet établissement, Frédéric Ier, roi de Prusse, en commanda l'exécution. La célèbre Académie de Berlin reçut en 1710 une forme régulière et légale ; et Leibnitz eut l'honneur de la présider jusqu'à sa mort.

§ VII.

Dans le même temps l'Allemagne possédoit deux hommes, Stahl (1) et Boerhaave (2), qui ont joui d'une juste célébrité. Tous deux ont contribué aux progrès de diverses sciences naturelles ; et la Physique leur doit particulièrement quelques services.

(1) George-Ernest Stahl, né en Franconie en 1660, mort en 1734.

(2) Herman Boerhaave, né près de Leyde en 1668, mort en 1738.

Boerhaave. Boerhaave soumit à un examen sévère les hypothèses qui partageoient les physiciens de son temps sur la cause de la chaleur. Il rejeta celle qui la fait dépendre d'un mouvement plus ou moins violent imprimé aux molécules des corps chauds, et il crut reconnoître l'existence d'un fluide qui fait naître ce phénomène (1). Ce fluide jouit d'une subtilité prodigieuse qui excita l'admiration des anciens; ils le prirent pour un esprit (2). Boerhaave est bien loin de partager leur opinion. Il place ce fluide parmi les êtres purement matériels; mais il lui accorde une légéreté absolue; et c'est l'expérience qui le porte à croire que la nature lui a donné exclusivement ce privilége.

L'expérience de Boerhaave est exacte. Un corps chaud ou froid, soumis à l'épreuve de la balance, donne constamment le même poids. Mais il me semble que Boerhaave va trop loin dans les conséquences qu'il en tire. En supposant, ce qui n'est pas encore démontré, la réalité d'un fluide qui produit l'important phé-

---

(1) Boerhaave, *Elemen. chemi.*, tome 1, page 68 et suiv.

(2) *Ibid.*, tome 1, pag. 203.

nomène de la chaleur, peut-on conclure autre chose de l'expérience de Boerhaave, si ce n'est que le poids de ce fluide n'est point appréciable à la balance. Plus sages et plus réservés que Boerhaave, les académiciens de Florence n'attribuèrent à l'eau qu'une incompressibilité relative, quoiqu'elle résistât victorieusement à tous les moyens qu'on peut imaginer pour effectuer sa compression.

§ VIII.

Comme Boerhaave, Stahl admettoit l'existence d'un fluide produisant, suivant les circonstances, les phénomènes de la chaleur et de la combustion. Mais il eut l'idée heureuse de le considérer dans deux états differens, dans l'état de liberté et dans celui de combinaison; dans l'état de liberté, ce fluide pénètre les pores des corps, écarte leurs molécules, fait équilibre à la température extérieure, et est sensible au thermomètre. Dans l'état de combinaison il existe spécialement dans les corps combustibles, il est étroitement uni avec leurs molécules, et cette union intime lui fait perdre ses propriétés; il les recouvre du moment qu'on lui rend sa liberté; et la combustion n'est autre chose, sui- Stahl.

vant Stahl, que le dégagement de ce fluide, auquel il donne le nom de *phlogistique*.

Cette doctrine se répandit avec célérité, et partout elle fut accueillie avec transport. On la proclama dans les écoles. Les maîtres et les disciples l'embrassèrent avec le même empressement, et le nom de son célèbre auteur fut consacré dans les fastes de la science. Il venoit de jeter les premiers traits de lumière sur un des plus grands phénomènes qui nous sont offerts par la nature. On lui devoit de la reconnoissance, on lui prodigua l'admiration.

Otto de Guerike avoit reconnu qu'il y a absorption d'air dans l'acte de la combustion (1); et Boyle avoit prouvé qu'un corps qui brûle augmente de poids (2). Cette double considération eût suffi pour montrer à Stahl l'insuffisance de sa théorie et le vrai moyen de la perfectionner.

§ IX.

Aucune branche de Physique n'est étrangère à l'Allemagne; toutes y trouvent une culture favorable à leur accroissement, et l'électricité

(1) *Voyez* le chap. 7 du liv. 2, tom. 2, p. 104.

(2) *Voyez* le chap. 9 du liv. 2, tom. 2, p. 148.

dont Otto de Guerike soigna l'enfance, après s'être fortifiée en Angleterre, va recevoir encore en Allemagne de la vigueur et de l'éclat.

Boze, professeur à Wittemberg, substitua le globe au tube qui avoit été constamment employé depuis Hauksbée, et il réalisa l'idée heureuse d'ajouter au globe un conducteur métallique. D'abord il le fit soutenir par un homme isolé; il le suspendit ensuite sur des cordons de soie horizontalement devant le globe. Pour sentir tout le prix du service que Boze rendoit à l'électricité, il suffit de réfléchir que les sciences physiques ne marchent que lorsque les instrumens se perfectionnent.

Boze, Gordon, Ludolf, Winkler.

La machine électrique de Boze fut généralement adoptée avec des modifications plus ou moins avantageuses. Le P. Gordon, professeur à Oxford, employoit des cylindres de verre de huit pouces de longueur et de quatre pouces de diamètre, qu'il faisoit tourner au moyen d'un archet; et il isoloit les corps sur un châssis garni d'un filet de soie. Avec cet appareil, Gordon donna aux étincelles une puissante activité; il tua des oiseaux et brûla des matières combustibles. On assure qu'il excita l'électricité d'un chat, au point d'enflammer des liqueurs spiritueuses, en la trans-

mettant tantôt par un jet d'eau, tantôt par un conducteur métallique. Boze étoit déjà parvenu à faire passer l'électricité par le moyen d'un jet d'eau, d'un homme à un autre, placés tous deux sur des gâteaux de résine, à 60 pas de distance.

Le docteur Ludolf, de Berlin, alluma, le premier, de l'éther, au commencement de 1744, à l'aide d'étincelles excitées par le frottement d'un tube de verre; et Ludolf le jeune affirma, après Hauksbée, que la lumière répandue par les baromètres dans certaines circonstances, est un phénomène électrique produit par le mouvement du mercure. Il fit plus, il rendit sensible la vérité de cette assertion, par les attractions et répulsions alternatives des corps légers suspendus sur le côté du tube.

Au mois de mai de la même année, Winkler, professeur de langues à Leipsick, enflamma avec une étincelle tirée de son doigt, non-seulement de l'éther, mais encore de l'eau-de-vie et de l'esprit de corne de cerf chauffés. Il adopta pour frottoir un coussin, imagina une roue qu'il faisoit mouvoir par l'électricité, et inventa une machine avec laquelle il faisoit faire à son globe six cent quatre-vingts tours dans une minute.

Quelques physiciens allemands faisoient servir

à leurs expériences électriques un appareil composé de plusieurs globes réunis qu'on frottoit avec la laine ou la main sèche ; et qu'on faisoit mouvoir à l'aide d'une grande roue. L'électricité étoit alors plus énergique et plus puissante; les étincelles avoient une prodigieuse activité; le mouvement du cœur d'une personne électrisée étoit considérablement augmenté ; l'eau coulant d'une fontaine artificielle électrisée par ce moyen, se dispersoit en gouttes lumineuses ; et l'on assure qu'il s'échappoit, dans un temps donné, plus de liquide que lorsque la fontaine n'étoit pas électrisée.

A ces belles découvertes, les physiciens allemands en joignirent d'autres qui ne sont pas moins remarquables. Nous leur devons le spectacle de ces étoiles brillantes que fait naître l'électricité dans un disque métallique animé d'un mouvement de rotation très-rapide, et découpé en pointes également distantes du centre. Un instrument généralement connu par la singularité des effets qu'il produit, et par le nom de *Carillon électrique* qu'il porte, est aussi de leur invention.

§ X.

Les phénomènes électriques n'avoient rien de remarquable lorsque le frottement étoit le

seul moyen connu pour les produire. Leur importance et leur éclat datent du moment où Gray apprit aux physiciens que des corps conducteurs isolés et placés au voisinage des corps électrisés à l'aide du frottement, acquièrent, par une singulière influence, la vertu électrique. Cette belle découverte, inspira à Boze l'idée d'ajouter au globe de verre un conducteur métallique isolé; et dès-lors un vaste champ s'ouvrit aux regards attentifs des savans avec l'appareil imposant des brillans phénomènes dont je viens de tracer le tableau. Tous les physiciens de l'Europe s'empressèrent d'en confirmer l'existence; et la multitude avide de tout ce qui porte l'empreinte du merveilleux, ne resta point indifférente au spectacle des étincelles, des combustions, des inflammations et des aigrettes électriques.

CHAPITRE VII.

Tableau des services rendus à la Physique par Farenheit, Réaumur, Delisle, Sgravesande, Muschembroek, etc.

§ Ier.

Le thermomètre naquit en Hollande: de là il passa en Italie, où l'académie *del Cimento* le débarrassa de plusieurs défauts grossiers qui flétrissoient son enfance. Boyle l'introduisit en Angleterre, et bientôt après il fut généralement accueilli dans toutes les contrées de l'Europe. Plusieurs physiciens s'occupèrent de donner à son échelle des limites fixes. Newton trouva celle que détermine le froid de la neige ou de la glace fondante; et Amontons, celle qui est indiquée par la chaleur de l'eau bouillante. La détermination de ces limites étoit nécessaire, mais insuffisante pour rendre les thermomètres comparables. Il falloit employer à leur construction un liquide qui fût le même partout, qui conservât en vieillissant toutes ses propriétés et qui éprouvât des dilatations égales par l'addition d'égales quantités de calorique. Le mer-

cure seul remplit ces conditions. Le thermomètre à mercure avec des termes fixes dans l'échelle estdonc le meilleur des thermomètres.

Fahrenheit. Fahrenheit, célèbre artiste hollandais, en est l'inventeur. En 1724 il publia sa découverte, et le thermomètre reçut, dans le lieu même où il avoit pris naissance, son plus haut degré de perfection.

Fahrenheit donna pour limite de départ au thermomètre, le degré de la congélation déterminée par le muriate d'ammoniaque; l'autre limite répond à la chaleur de l'eau bouillante; et l'intervalle qui les sépare est divisé en 212 parties égales, de manière que le 32ème degré marque le froid de la glace fondante. L'eau entre en ébullition par une température plus ou moins élevée, suivant que la pression atmosphérique est plus ou moins grande. Fahrenheit remarqua le premier ce phénomène; qui lui fit sentir la nécessité d'observer la hauteur du baromètre avant de marquer sur les thermomètres la limite de l'eau bouillante.

§ II.

L'aréomètre tel qu'il sortit des mains de son auteur, et dont nous avons vu la description

dans une lettre de Cynesius à Hipathia (1), ne pouvoit servir à déterminer le rapport des pesanteurs spécifiques des fluides ; et le grand obstacle qui s'opposoit à cette détermination, c'est que l'aréomètre plongé dans des liquides de différente densité, en déplaçoit des volumes inégaux. Pour faire disparoître cette défectuosité choquante, Fahrenheit imagina un nouvel aréomètre qui consiste en une petite bouteille creuse de verre mince dont le col très-étroit est surmonté d'un petit bassin destiné à recevoir des poids ; à la partie inférieure de la bouteille est adaptée une petite boule creuse de verre dans laquelle on a mis du mercure, et le milieu du col de la bouteille est marqué d'un trait. On commence par connoître exactement le poids de l'instrument; on le plonge ensuite dans l'eau distillée, et en le chargeant de poids, on l'y fait enfoncer jusqu'au trait marqué vers le milieu du col de la bouteille. La somme des poids qu'on a mis dans le bassin pour produire cet enfoncement, ajoutée au poids de l'aréomètre, donne exactement le poids du volume d'eau déplacé. En faisant la même opération sur un autre liquide, on a avec la même exactitude le poids du

(1) *Voyez* la note 24 du premier livre.

volume de ce liquide déplacé par l'aréomètre. D'ailleurs ces deux volumes sont évidemment égaux, puisque l'aréomètre a été plongé dans les deux liquides à la même profondeur. On connoît donc le rapport des poids de volumes égaux de liquides de différente densité, et conséquemment le rapport de leurs pesanteurs spécifiques.

§ III.

Les savans de l'Europe, et particulièrement ceux du nord, reçurent avec empressement l'aréomètre et le thermomètre hollandois. En France, à l'exception de quelques amateurs qui restèrent attachés au thermomètre d'Amontons, on ne faisoit usage que du thermomètre de Florence, lorsqu'en 1730 le célèbre Réaumur (1) se donna beaucoup de soins pour le rendre propre à remplir l'important objet de sa destination. La graduation de son échelle étoit vague et incertaine. Réaumur lui donne un terme fixe qu'il détermine par le froid de l'eau, au moment de son passage de l'état liquide à celui de solide. Réaumur cherche ensuite par des procédés ingénieux le rapport de la capacité de la boule à celle du tuyau, et divise le tube de

Réaumur.

(1) René-Antoine de Réaumur, né à la Rochelle en 1683, mort le 17 octobre 1757.

manière que chaque portion de sa capacité peut contenir juste la millième partie du liquide qui remplit la boule et environ un quart du tuyau; de sorte qu'ayant fait prendre à ce liquide le froid de la glace, il marque zéro au point où il s'arrête, et compte au-dessus de ce terme les degrés de dilatation; au-dessous, ceux de condensation. Si la liqueur en s'échauffant, monte dans le tube de 4 ou 5 degrés au-dessus de zéro, terme de la congélation de l'eau, on doit dire que son volume qui n'étoit que de mille parties, se trouve augmenté de quatre ou de cinq de ces mêmes parties. Si au contraire le liquide, en se refroidissant, descend au-dessous de ce terme, on sait que son volume est diminué d'autant de millièmes qu'il a parcouru de degrés en descendant.

Il n'y a point d'inconvénient à ce que deux de ces thermomètres soient faits avec des boules et des tubes dont les capacités ne sont point de part et d'autre dans des rapports semblables; seulement il arrivera que leurs échelles différeront par la grandeur et par le nombre des degrés. Mais dans tous deux, ces degrés seront toujours des millièmes de la capacité qui est au-dessous de zéro; et c'est là précisément ce qui distingue le thermomètre de Réaumur de ceux

dont la graduation faite en parties égales et en nombre arbitraire, ne donne aucune idée précise de l'action de la chaleur.

Quant au liquide qui doit servir à la construction de l'instrument, Réaumur donne la préférence à l'alcool en faveur de sa grande dilatabilité. Il l'affoiblit avec de l'eau, donne des règles pour cet affoiblissement, et indique des moyens sûrs pour connoître si le mélange a atteint un degré déterminé de dilatabilité. Ces épreuves consistent à faire passer un de ces thermomètres par des degrés constans de chaud et de froid, tels, par exemple, que la chaleur de l'eau bouillante ; celle d'un mélange de glace avec un tiers de muriate de soude, etc. De là vient que dans tous les thermomètres construits d'après ce principe, le dégré de l'eau bouillante est 80, celui de la chaleur animale 32 $\frac{1}{2}$, celui des souterrains très-profonds 10 $\frac{1}{4}$, etc.

Ce thermomètre, quoique moins ancien que celui de Fahrenheit, est loin de mériter la préférence. Il reçut néanmoins en France un accueil bien propre à dédommager son auteur de son travail et de sa peine. Son nom se lia si étroitement à celui de l'instrument, qu'aujourd'hui même le thermomètre en usage parmi nous porte le nom de thermomètre de Réaumur,

quoiqu'il diffère essentiellement de celui dont on lui doit la découverte.

§ IV.

En 1726, Catherine I, impératrice de Russie, réalisa le projet qu'avoit conçu, quelque temps avant sa mort (1), son mari Pierre-le-Grand, de fonder une Académie dans la capitale de son vaste empire. Des hommes célèbres dans diverses branches de la philosophie naturelle furent appelés de toutes parts pour composer cette Société naissante, qui devint bientôt l'émule des Académies les plus florissantes de l'Europe. Delisle (2), alors professeur d'astronomie à Pétersbourg et membre de ce corps académique, lui présenta en 1733 un thermomètre à mercure de son invention. Cet instrument n'avoit qu'un terme fixe, celui de la chaleur de l'eau bouillante, où étoit placé le zéro. Les degrés de condensation au-dessous de ce terme étoient des dix-millièmes de la capacité de la boule et de la partie du tube qui se terminoit au zéro; et le degré auquel se rapportoit la température de la glace fondante étoit le 150ème de l'échelle descendante. Delisle.

(1) Pierre-le-Grand mourut l'an 1725.

(2) Delisle, né à Paris en 1688, mort en 1768.

Comme le thermomètre de Réaumur, celui de Delisle est fondé sur le rapport de ses degrés avec le volume du liquide ; et puisque la dilatation apparente du mercure n'est que l'excès de sa dilatation réelle sur celle du verre qui le renferme, il est visible que les thermomètres faits suivant les principes de Delisle ne peuvent être semblables qu'autant qu'ils ont la même forme, la même grandeur, et que les verres employés à leur construction sont également dilatables. Cette dernière condition est impossible, parce que les verres de différentes fabriques n'ont presque jamais le même degré de dilatabilité; et c'est là l'inconvénient attaché à tous les thermomètres qui n'ont qu'un terme fixe de chaleur.

§ V.

Hales. Après Delisle, le docteur Hales (1) imagina et fit construire un thermomètre à alcool. Son zéro étoit à la congélation, et l'intervalle de ce point à celui où le faisoit monter la cire fondue qui commence à se figer, étoit divisé en cent parties égales. Cet instrument servoit habituellement à l'usage de cet habile physicien, pour les belles et nombreuses expériences qu'il a

(1) Hales, né en 1677, mort en 1761.

décrites

décrites avec tant de soin dans sa *Statique des végétaux*. Parmi celles qui ont pour objet de dégager l'air emprisonné dans tous les corps, la suivante offre un résultat remarquable. Il soumit le mercure à l'épreuve d'une forte ébullition qui ébranla la cornue sans production d'air, et sans laisser dans le récipient la moindre trace d'humidité (1) : ce qui annonce que le mercure ne contient ni eau, ni air, et que conséquemment il n'a que peu ou point d'attraction pour ces fluides.

Le thermomètre qui est aujourd'hui en usage parmi nous, et dont on se sert depuis longtemps en Angleterre, est un thermomètre à mercure. Son zéro est à la température de la neige ou de la glace fondante; et l'intervalle de ce point à celui qui marque l'eau bouillante, est divisé en cent parties égales.

La première idée du ventilateur, c'est-à-dire d'un instrument propre à renouveler l'air de tous les endroits où ce renouvellement peut être utile, fut communiquée à la Société Royale de Londres, au mois de mai 1741. Au mois de novembre suivant, Triewald, ingénieur du roi de Suède, écrivit au docteur Mortimer, secré-

(1) Statiq. des Végét. traduct. franç., pag. 172. *Voyez* la note 25 du 3me liv.

taire de la Société Royale, qu'il avoit inventé une machine destinée à renouveler l'air des entre-ponts les plus bas des vaisseaux, et dont la moindre, pouvoit en une heure de temps, puiser 36172 pieds cubiques d'air. Le roi de Suède ordonna l'impression de cet ouvrage, et récompensa son auteur.

L'instrument du savant suédois ne pouvoit être employé que dans les vaisseaux; et les besoins pressans de la Société commandoient en quelque sorte l'invention d'un ventilateur universel dans son usage. Hales remplit ce vœu général avec succès. Son ventilateur servit utilement au renouvellement de l'air dans l'hôpital de Winchester. On l'employa aussi dans les vaisseaux; mais comme il y occupoit une place assez considérable, on lui a substitué un moyen plus simple et plus facile imaginé par Sutton; il consiste à adapter au fond de l'âtre du fourneau qui sert à la cuisine des vaisseaux, un tuyau qui, divisé en plusieurs branches, communique dans les endroits où l'on veut renouveler l'air. Ce fluide, dilaté par la chaleur, s'échappe par ce tuyau pour faire place à l'air extérieur qui s'insinue par une autre ouverture.

§ VI.

La nature donne les talens, l'éducation les

développe. Sous ce double rapport S'Gravesande (1) n'avoit rien à desirer. Ses parens prodiguèrent des soins assidus à son enfance, et des maîtres habiles cultivèrent de bonne heure ses heureuses dispositions. La géométrie exerça l'activité de sa jeunesse; et son esprit, préparé par cette étude bienfaisante, devint plus propre à contempler avec fruit la nature, à pénétrer la profondeur de ses mystères. Il étoit à Londres en qualité de secrétaire d'ambassade (2), lorsque les bons esprits commençoient à s'éclairer au flambeau de la philosophie de Newton. Frappé de la clarté que répandoit la doctrine de ce grand homme, S'Gravesande en examina avec soin les principes; et après les avoir soumis à la double épreuve de la réflexion et de l'expérience, il ne put se défendre des sentimens de la plus haute admiration pour l'auteur de tant de belles découvertes. De retour dans sa patrie, S'Gravesande remplit avec distinction une chaire de professeur de mathématiques à Leyde, et

S'Gravesande.

(1) S'Gravesande (Guillaume-Jacques de), né à Bois-le-Duc en 1688, mort à Leyde en 1742.

(2) S'Gravesande fut nommé secrétaire d'ambassade en 1715. Il ne passa qu'une année à Londres.

quoique la Physique fût étrangère à la place qu'il occupoit, l'état déplorable où étoit réduit l'enseignement de cette première des sciences naturelles, lui fit franchir les limites du devoir pour répandre avec profusion les semences de la philosophie newtonienne sur un terrein encore peu disposé à sa culture.

§ VII.

S'Gravesande ouvrit ses cours avec un appareil considérable de machines qui lui devoient ou l'existence, ou divers degrés de perfection. Hauksbée avoit fait servir à la construction de sa pompe pneumatique double, des soupapes qui n'avoient dans leur service ni l'exactitude, ni la précision des robinets. Désaguilliers fit disparoître en partie cette défectuosité en employant à la place de ces soupapes trop pesantes, des vessies très-minces et très-mobiles; et S'Gravesande parvint à donner plus d'exactitude à cette importante machine, en remplaçant les soupapes par des robinets : la même roue qui faisoit monter et descendre les pistons, leur imprimoit le mouvement.

On croyoit généralement que les pompes pneumatiques produisent des effets propor-

tionnés à leur longueur. S'Gravesande détruisit cette erreur, d'autant plus dangereuse qu'elle étoit accréditée parmi tous les artistes occupés de la construction de ces machines. Il fit voir que l'avantage qu'on accordoit aux grandes pompes n'avoit aucune réalité, et que parmi celles qui ont même diamètre, les plus courtes réduisent l'air dans le moins de temps à un degré déterminé de raréfaction.

S'Gravesande inventa une machine de compression, une méthode ingénieuse pour peser exactement les corps avec la balance hydrostatique, et divers instrumens propres à rendre sensibles les diverses lois de l'inertie. Il démontroit les propriétés de la lumière avec une machine de son invention, à laquelle il donna le nom d'*Héliostate*, et qui fut ensuite ingénieusement appliquée par Kralzenstein à l'usage des télescopes. Elle sert à retenir un rayon solaire dans la même ligne pendant la durée de l'expérience; et elle se compose d'un miroir métallique dirigé par une horloge, de manière qu'il réfléchit toujours la lumière vers un même point. Fahrenheit avoit eu la première idée de cette machine, mais une idée très-imparfaite qu'il étoit réservé à S'Gravesande de mûrir et de réaliser.

§ VIII.

Ce n'est point au perfectionnement des instrumens, et à des leçons savantes données avec éclat dans l'Académie de Leyde, que se bornent les services que S'Gravesande a rendus à la Physique. Il publia divers ouvrages, parmi lesquels celui qui est connu sous le titre modeste d'*Elémens de Physique*, me paroît être un des fondemens les plus solides de sa gloire. C'est là qu'on a vu pour la première fois toutes les parties de la Physique enchaînées par le lien de la méthode, et présentées avec cette clarté que la précision accompagne. C'est là que les principes de la philosophie newtonienne, dépouillés de leur sécheresse naturelle, et de cette sorte d'obscurité dont les inventeurs se plaisent quelquefois à envelopper leurs découvertes, sont rendus faciles par des expériences délicates. Les mêmes principes y sont ensuite démontrés avec sévérité dans des scholies, qui donnent du prix à cet ouvrage, en lui donnant un degré de solidité bien propre à prolonger sa durée. S'Gravesande y suit pas à pas Newton dans toute l'étendue de sa carrière philosophique; et si quelquefois il se détourne de sa route, c'est pour défricher quel-

ques coins du terrein immense que Newton a parcouru, et que la grande rapidité de sa marche a forcé d'abandonner sans culture.

§ IX.

La philosophie newtonienne ne trouva en Hollande aucun obstacle à sa propagation. S'Gravesande dans l'académie de Leyde, et Muschembroek (1) dans l'Université d'Utreckt lui firent en même temps un grand nombre de prosélytes. Tous deux servirent la Physique par des leçons, par des écrits et par des découvertes. Tous deux, fidèles à suivre la méthode de Newton, bannirent les hypothèses, et ne reconnurent d'autres principes que ceux qui sont démontrés par l'expérience, confirmés par la Géométrie. Tous deux jouirent sans rivalité, ou du moins sans jalousie, d'une grande réputation ; et la postérité, qui pèse dans une balance plus exacte le mérite et les talens, leur accordera sans doute une portion de gloire proportionnée au nombre et à l'importance des services.

Muschembroek.

Amontous avoit ébauché la théorie des frottemens. Désaguilliers obtint des résultats plus

(1) Muschembroek (Pierre), né à Leyde en 1692, mort en 1761.

précis, et Muschembroek parvint à un plus haut degré d'exactitude avec le secours d'un instrument auquel il donna le nom de *tribomètre* (1), et qui servoit à apprécier le frottement le plus petit possible ; c'est-à-dire celui des machines dont les surfaces sont polies avec le plus grand soin. Il faut lire dans l'Essai de Physique de Muschembroek (2), l'intéressante description d'un grand nombre d'expériences qui l'ont conduit à prouver, 1° que le rapport du frottement à la pression varie du sixième au tiers, suivant les différentes espèces de matières qui frottent les unes contre les autres; 2° que, donnée même pression, le frottement augmente lorsqu'on augmente les surfaces, mais beaucoup moins que dans le rapport de ces surfaces; 3° que dans les mouvemens lents le frottement n'est point exactement en raison de la vitesse, tandis qu'il augmente considérablement lorsque le mouvement est très-rapide. Au reste Muschembroek ne se dissimule pas qu'on ne peut établir aucune loi, générale pour le frottement, qu'il faudroit autant de lois particulières qu'il y a de corps différens employés dans la construction des ma-

(1) *Voyez* la note 26 du troisième livre.

(2) Tom. 1, chap. 9, pag. 176 et suiv.

chines; ce qui fait craindre qu'une des branches les plus utiles et les plus intéressantes de la Physique n'atteigne jamais sa limite de perfection.

§ X.

Les principales propriétés magnétiques étoient connues des philosophes de l'antiquité. La découverte de l'armure est une découverte moderne qui doit à Muschembroek un haut degré de perfection. Après de longues et laborieuses recherches, tantôt sur la manière de tailler un aimant naturel, tantôt sur le choix de la matière dont on doit faire son armure, cet habile physicien parvint aux résultats suivans (1). 1°. La forme la plus convenable à un aimant est celle d'un parallélipipède dont aucun des côtés n'est arrondi. 2°. Il importe de régler sur la force d'un aimant, l'épaisseur de son armure. 3°. Le fer flexible est le plus propre à la construire.

Hauksbée avoit essayé de mesurer, par un procédé ingénieux, l'affoiblissement qu'éprouve la force magnétique sous le rapport de la distance; et Muschembroek s'occupa ensuite du même objet par une méthode différente (2). Il sus-

(1) Essai de Physique, tom. 1, chap. 18, pag. 284, 285.

(2) *Ibidem*, pag. 279 et suivantes.

pendit à un des bras d'une bonne balance un aimant sphérique et donna à son axe une direction verticale. Un autre aimant de même forme et de même grandeur étoit posé sur une table, de manière que son axe et celui du premier aimant étoient dans la même ligne droite. En mesurant par des poids qu'il mettoit dans l'autre bassin de la balance, à mesure qu'il faisoit descendre l'appareil pour rapprocher les deux aimans; en mesurant, dis-je, les forces répulsives et les forces attractives suivant que les aimans se regardoient par les pôles semblables ou par les pôles contraires, Müschembroek ne trouva aucun rapport constant entre les distances et les forces répulsives, tandis que les forces attractives lui parurent constamment réciproques à la quatrième puissance des distances qui séparoient les deux aimans. Ce résultat est sans doute bien éloigné du véritable, et l'erreur a pour cause l'imperfection de la méthode. Muschembroek déclare qu'il n'avoit jamais pu s'assurer quel étoit le plus grand poids qu'un aimant pouvoit soutenir (1), et à cette difficulté se joint visiblement celle de fixer avec précision les distances des corps qui s'attirent, ainsi que la juste

(1) Exper. acad. del Cim. cum notis, part. II, p. 73.

quantité des poids qu'il faut placer dans un des bassins de la balance.

§ XI.

Les académiciens de Florence avoient prouvé que les métaux se dilatent par le chaud, qu'ils se condensent par le froid. Mais ils n'avoient fait aucune expérience pour savoir si les métaux soumis au même degré de chaleur éprouvent une dilatation différente. Muschembroek s'est livré le premier à cette importante recherche; et pour en assurer le succès, il imagina un instrument ingénieux auquel il donna le nom de *pyromètre* (1). Des cylindres de fer, d'acier, de cuivre, d'argent, etc., furent soumis à l'épreuve de l'expérience; et il parvint à dresser un tableau de résultats, auquel il est aisé de reconnoître les rapports de dilatation qu'une égale action de chaleur fait éprouver à diverses substances métalliques (2).

La météorologie, cette branche de Physique qui a été si long-temps et qui est peut-être encore dans son enfance, fixa l'attention de Muschembroek qui lui prodigua tous ses soins. Il sentit que le meilleur moyen de la fortifier con-

(1) *Voyez* la note 27 du troisième livre.

(2) Essai de Physique, tom. 1, chap. 26, pag. 452 et suiv.

sistoit à faire des observations et surtout à les bien faire. Personne n'a fait autant d'expériences que cet habile physicien, pour connoître les propriétés de la rosée, de la grêle, de la pluie, et pour découvrir le mécanisme de leur formation (1). Personne n'a recueilli autant de faits nouveaux sur les parélies, les couronnes, les paraselènes (2). Personne enfin n'a observé avec autant de constance les aurores boréales, et n'a contribué, comme lui, à prouver que ce brillant météore a son siége dans l'atmosphère (3).

§ XII.

L'année 1746 est mémorable dans les annales de la Physique par une découverte importante. Cuneus, originaire de Leyde, suivant quelques physiciens (4), et suivant d'autres, Muschembroek, alors professeur dans l'Université de cette ville, tenant par hasard d'une main un vase de verre à demi plein d'eau, qui com-

(1) Essai de Physique, tom. 2, chap. 39, pag. 744 et suiv.

(2) *Ibid.*, page 830 et suiv.

(3) *Ibid.*, chap. 40, pag. 838 et suiv.

(4) Nollet attribue à Cuneus la découverte de la bouteille de Leyde, et Priestley en fait honneur à Muschembroek.

muniquoit par un fil de fer avec un conducteur électrisé, et voulant avec l'autre main détacher du conducteur le fil de fer, éprouva une commotion subite qui le frappa de terreur et de surprise. Telle est la véritable origine de cette fameuse bouteille qui a tiré son nom du lieu où elle a pris naissance, et dont ceux qui ont fait les premières expériences, ont sans doute exagéré les effets.

Muschembroek écrivit à Réaumur que la couronne de France seroit un bien foible dédommagement du sacrifice qu'il feroit en s'exposant à recevoir une nouvelle commotion. Allaman, ancien élève de S'Gravesande, assure qu'il perdit pour quelques instans l'usage de la respiration; et Winkler, professeur à Leipsick éprouva, s'il faut l'en croire, les plus violentes convulsions.

La bouteille de Leyde ne resta long-temps ni exclusivement dans le lieu de son origine, ni dans l'état où le hasard l'avoit offerte aux physiciens. En parcourant les diverses contrées de l'Europe, elle éprouva des changemens plus ou moins avantageux. Dès l'année 1746, Wilson trouva le moyen de faire ressentir la commotion à une partie quelconque du corps, sans affecter les autres, et d'en augmenter la force en donnant à la surface extérieure de la bouteille, une en- Wilson.

veloppe d'eau de même hauteur que celle de sa surface intérieure.

Bevis. Watson. Le docteur Bevis, et après lui le docteur Watson, appliquèrent sur chacune des surfaces de la bouteille une feuille d'étain ou d'argent jusqu'à environ un pouce du bord. Ils firent plus, ils garnirent de la même manière de grandes jarres dont les surfaces intérieures communiquoient ensemble par des fils de fer, tandis que les surfaces extérieures communiquoient avec la terre. La décharge fut forte, la commotion violente en raison du nombre et de la grandeur des jarres, et cette observation donna naissance aux batteries électriques.

Le frottement sert à développer l'électricité; il ne peut contribuer à la produire. Cette vérité étoit entièrement étrangère aux physiciens lorsque le docteur Bevis la rendit sensible par l'expérience suivante. Il isola deux hommes, dont un frottoit le globe, tandis que l'autre, servant de conducteur, touchoit le globe électrisé. Tous deux donnèrent une étincelle; mais le craquement étoit beaucoup plus considérable quand ces deux hommes se touchoient l'un l'autre, que lorsque l'un d'eux touchoit une personne placée sur le parquet. Le docteur Watson et divers autres physiciens confirmèrent ensuite la décou-

verte de Bevis par des expériences dont la description détaillée me feroit franchir les bornes que la nature de cet ouvrage me prescrit.

§ XIII.

La propriété qu'a l'aimant de communiquer au fer la vertu magnétique a fait naître la première idée des aimans artificiels. Savery (1) leur a donné l'existence ; et Knight les a conduits à un haut degré de perfection. Le 19 février 1746 il présenta à la Société Royale plusieurs barreaux d'acier, auxquels il avoit communiqué une force magnétique supérieure à celle des meilleurs aimans naturels. Les barreaux de Knight furent reçus avec empressement dans toute l'Europe savante; mais ce fut moins l'attrait de leur nouveauté, que les avantages attachés à leur invention pour le perfectionnement de la boussole, qui leur valurent cet accueil. Partout on voulut construire des aimans artificiels semblables à ceux de Knight qui avoit fait un mystère du mécanisme de leur construction. Il falloit deviner son procédé, ou en imaginer un autre qui eût le même degré d'énergie et de puissance. Duhamel et Antheaume en France(2), et Michell

Knight.

Michell.

(1) Trans. phil. n° 414.

(2) *Voyez* la note 28 du troisième livre.

en Angleterre, s'en occupèrent avec succès. Vers l'an 1750, Michell publia une méthode simple et facile de composer des barreaux magnétiques aussi forts, aussi vigoureux que ceux de Knight; et cette méthode, que j'aurai occasion de faire connoître, a cela de particulier, qu'on peut aisément rétablir dans leur premier état des barreaux qui auroient perdu une partie considérable de leur force. Michell donna ensuite le moyen d'améliorer les aimans naturels, et celui d'aimanter du fer ou de l'acier sans le secours d'aucun aimant. Il indiqua une forme plus avantageuse aux aiguilles de boussole, une manière plus parfaite de les placer sur leurs pivots, et un moyen de leur communiquer une vertu plus puissante et plus durable.

On doit à Michell d'avoir annoncé le premier la véritable loi de décroissement de la force magnétique sous le rapport de la distance. Il assure, d'après ses propres expériences (1) que l'attraction magnétique diminue en raison directe du carré de la distance. Il n'ose pourtant pas donner cette loi comme certaine, parce qu'il n'a pas eu le loisir de faire

(1) Michell, Traité des Aimans artific. Introduc., page 259.

assez d'expériences pour le déterminer avec une grande précision.

§ XIV.

La force élastique de la vapeur aqueuse étoit connue des académiciens de Florence. Ils l'employèrent avec adresse dans leurs tentatives souvent répétées pour opérer la compression de l'eau (1). Vers l'an 1682, Papin, médecin français, la fit servir à dissoudre des os dans une machine qui porte son nom; et bientôt après, le capitaine Savery fit construire un instrument semblable à la fontaine de compression, avec cette différence, que dans celle-ci l'air condensé exerce sur l'eau une pression qui la force de s'échapper à travers une issue ménagée pour sa sortie, tandis que dans la machine à feu de Savery, la force expansive de la vapeur est substituée à celle de l'air comprimé. Savery s'associa ensuite deux autres Anglais, Newcomen et Cawley; et il résulta de cette heureuse association de talens et de lumières, une pompe à vapeur qui fut reçue avec empressement, et dont Savery s'attribua presqu'entièrement la découverte. Savery.

(1) *Voyez* le tom. 2 de cet Ouvrage, pag. 122.

Les mouvemens de cette nouvelle pompe prennent naissance dans le jeu d'un piston s'élevant et s'abaissant alternativement dans un cylindre creux qui communique avec une chaudière soumise à l'action d'une forte chaleur. La vapeur aqueuse exerçant son action sur la partie inférieure du piston, détermine son élévation dans le cylindre, et le piston descend ensuite par la pression de l'air atmosphérique.

Wats perfectionna cette machine en donnant un double emploi à la vapeur aqueuse. Une partie de cette vapeur s'introduit au-dessous du piston pour le faire monter, et l'autre en dessus pour le faire descendre, de manière que l'intérieur du cylindre n'a aucune communication avec l'air de l'atmosphère. Lorsqu'à la faveur d'un tuyau latéral qui communique avec le bas du cylindre, la vapeur pénètre dans sa cavité, une injection d'eau froide l'y condense.

Wats. La pompe à vapeur de Wats paroissoit avoir atteint sa limite de perfection, surtout d'après les efforts inutiles de plusieurs de ses contemporains pour faire évanouir les difficultés qu'elle présente : elles consistent dans la grandeur du frottement, dans la complication du mécanisme, et principalement dans l'imperfection du vide, nécessitée par l'air dégagé de l'eau injectée pour

opérer la condensation. Ces défauts qui avoient résisté avec opiniâtreté aux travaux d'un grand nombre de physiciens, ont enfin cédé aux efforts de Cartwright. Il évite le frottement trop considérable des pistons, en les faisant entièrement de métal; et pour obtenir le vide, il condense la vapeur par l'application du froid aux surfaces extérieures d'un réservoir qui la reçoit.

CHAPITRE VIII.

Tableau des services rendus à la Physique par Fontenelle, Demairan, Buffon, Castel, Nollet, etc.

§ Ier.

Un coup d'œil jeté sur le vaste tableau que présente l'histoire de la Physique, suffit pour faire entrevoir la grande diversité des moyens employés pour favoriser ses progrès. Les uns s'occupent avec zèle d'amasser des faits, de recueillir des phénomènes; les autres dédaignant l'art minutieux et difficile de l'observation et de l'expérience, par cela même qu'ils l'ignorent, se livrent à des méditations plus ou moins profondes, à des spéculations plus ou moins hardies pour parvenir à la connoissance des causes: quelques-uns enfin bornant leurs soins à embellir la science de la nature, arrachent les épines qui croissent autour de son auguste sanctuaire, et jettent quelques fleurs sur les sentiers qui y conduisent, pour les rendre agréables à parcourir, et par là même, accessibles à la multitude. Fontenelle s'est attaché principalement à ce dernier moyen de travailler utilement pour

la Physique, et personne n'osera sans doute lui disputer l'honneur de l'avoir fait avec succès.

Les idées s'épurent, s'agrandissent au creuset de la réflexion : elles se dépouillent de leur sécheresse naturelle, en traversant une imagination vive et fleurie. Fontenelle (1) possédoit dans Fontenelle un degré éminent ces deux belles facultés de l'ame. Il tenoit de la première cette grande netteté d'idées, qui donne la facilité de les transmettre. La seconde donnoit du coloris à ses pensées ; et ses diverses conceptions avant de paroître au grand jour, prenoient presque toujours une de ces formes gracieuses et riantes qui rendent les vérités physiques aimables, sans leur porter aucune atteinte. L'Histoire de l'Académie des Sciences, et les Mondes de Fontenelle (2) sont si généralement connus et d'une manière si avantageuse, que je crois devoir me dispenser d'emprunter des citations à ces ouvrages pour appuyer ce que j'ai dit dans cet article.

---

(1) Fontenelle, né le 11 février 1657, mort le 9 janvier 1757.

(2) *Voyez* La note 29 du troisième livre.

§ II.

Demairan. Dorthous Demairan (1) naquit dans une de ces contrées méridionales de la France, où un air toujours pur, un ciel toujours serein invitent à étudier la nature, à jouir avec fruit du spectacle de ses merveilles. Jeune encore, de Mairan se sentit pour cette étude un goût qui se développa par la culture, qui se fortifia par des succès. Ces brillans météores (2) que la nature engendre loin de la sphère de notre activité, et dont aucun Physicien n'avoit encore ébauché l'explication, exercèrent sa sagacité; et s'il ne parvint point à dévoiler le véritable mécanisme de leur production, il proposa du moins des conjectures ingénieuses que les savans de son temps accueillirent avec transport.

L'existence de l'atmosphère solaire, c'est-à-dire de ce nuage lumineux qui enveloppe le soleil, n'a jamais paru équivoque; mais les physiciens sont partagés sur sa nature.

Descartes l'attribue à une sorte d'effervescence qui sert à épurer le corps lucide, à le débarrasser de ses parties les plus grossières.

(1) Dorthous Demairan, né à Beziers en 1678, mort en 1771.

(2) La lumière zodiacale et les aurores boréales.

Newton pense qu'elle se forme de molécules hétérogènes répandues dans l'éther, qui se précipitent vers le soleil pour alimenter sa brûlante activité.

Demairan regarde l'atmosphère solaire comme composée d'une matière enflammée, ou du moins dont les particules ont assez de densité pour nous réfléchir la lumière. Sa figure est celle d'une lentille dont le plus grand axe est dans le plan de l'équateur solaire. Elle se montre aux habitans de la terre sous la forme d'un cône dont la base est tournée vers le soleil, le sommet vers le zodiaque, et leur offre le spectacle d'une clarté semblable à celle de la voie lactée, qui a reçu de Cassini, auteur de la découverte, le nom de *lumière zodiacale*. Elle paroît s'étendre au-delà de l'orbite de la terre; et lorsqu'elle pénètre son atmosphère, elle donne naissance aux aurores boréales; elles sont plus visibles du côté du pôle que vers l'équateur; 1° parce que l'atmosphère terrestre est plus dense au pôle qu'à l'équateur; 2° parce que la rotation de la terre se combine avec son mouvement dans l'écliptique pour déterminer une tendance réelle de la matière des aurores boréales de la zône torride vers les pôles.

Cette explication, séduisante au premier abord,

a cessé de paroître plausible du moment qu'on s'est apperçu qu'il falloit supposer à l'atmosphère solaire une étendue qui ne peut s'allier avec les lois de l'équilibre des forces centrales et centrifuges (1).

§ III.

La nature nous offre l'eau tantôt sous forme liquide, tantôt sous forme solide, quelquefois sous forme gazeuse. C'est toujours la même substance combinée avec plus ou moins de calorique; et cette combinaison dans ces différens états lui donne différentes propriétés qui n'ont point échappé à l'œil attentif des physiciens observateurs. Le chancelier Bacon prouva l'incompressibilité de l'eau liquide. Les académiciens de Florence rendirent sensible la grande élasticité de la vapeur aqueuse; et Galilée observa, le premier, que l'eau passant de l'état liquide à celui de solide, acquiert plus de volume, quoique dans ce passage ses molécules se rapprochent par l'évasion du calorique. Ces divers états de l'eau avec les diverses circonstances qui les accompagnent ont été ensuite mieux connus, mieux développés par Boyle, Mariotte, Papin, etc. Mais aucun

(1) *Voyez* la note 30 du troisième livre.

physicien n'a étudié avec autant de soin que de Mairan, l'important phénomène de la congélation.

Il considère la glace au moment où elle se forme, et ensuite dans son état de perfection. Il observe que lorsque la congélation n'est pas très-prompte, la glace se compose de filets prismatiques adhérens les uns aux autres sous un angle de 60 ou de 120 degrés; et cette observation délicate lui sert à expliquer d'une manière plausible le phénomène de l'augmentation du volume de l'eau dans son passage de l'état liquide à celui de solide; car indépendamment de l'effort que fait l'air recouvrant la forme de fluide élastique pour écarter les différentes couches d'eau à mesure qu'elles passent à l'état solide, ce liquide peut dans ce passage acquérir plus de volume, malgré le rapprochement de ses molécules déterminé par l'abandon du calorique. Il suffit pour cela qu'il se forme entre les filets prismatiques des espaces vides dont la somme fasse plus que compenser le rapprochement qu'éprouvent les molécules; et l'expérience prouve que cela se passe ainsi, puisque de l'eau bien purgée d'air et exposée sous la cloche pneumatique à l'action de la gelée,

brise les parois du vase de verre qui la renferme.

§ IV.

Buffon. Buffon (1) avoit un esprit vaste, une imagination brillante, et une passion pour la gloire, qui donna à son génie une puissante activité. Il se livra avec ardeur à l'histoire naturelle, et consacra sa vie à élever un monument littéraire qui a résisté aux attaques de l'envie, et que la postérité respectera en admirant également la beauté du plan, l'élégance de la construction et l'habileté de l'architecte.

Les sciences naturelles se touchent, ou plutôt il n'en existe réellement qu'une seule; et sa division en diverses branches bien distinctes a été imaginée pour soulager notre foiblesse. Doué d'une intelligence supérieure, Buffon en embrassa le plus grand nombre, mais particulièrement celles qui avoisinent sa science favorite, et dont elle reçoit de la clarté. La Physique ne lui étoit donc pas étrangère. Je dis plus, il lui a rendu des services qui doivent être consacrés dans cette histoire. Les miroirs brûlans d'Archimède n'auroient probablement encore qu'une existence problématique, si Buffon n'eût

(1) Buffon, né le 7 septembre 1707, mort le 16 avril 1788.

fait fondre des métaux à 150 pieds de distance, à la faveur d'un miroir concave formé d'un grand nombre de petits miroirs plans et mobiles, qu'il inclinoit à volonté pour diriger les rayons du soleil vers un seul point; et la loi de dilatation des corps par l'action de la chaleur n'eût point atteint sa généralité, si cet excellent observateur n'eût fait voir par des expériences délicates, que toutes les substances pierreuses sont soumises à cette loi.

A ces découvertes Buffon en joint d'autres qui n'ont pas moins d'importance. Je veux parler de ses intéressantes observations sur les ombres colorées des corps (1), et de cette suite de faits singuliers sur les couleurs accidentelles (2), qu'il a exposés avec tant de clarté dans un de ses Mémoires académiques (3), et dont le père Scherffer, professeur de Physique à Vienne en Autriche, a confirmé l'existence et donné l'explication (4).

---

(1) *Voyez* la note 31 du troisième livre.

(2) Les couleurs accidentelles sont des couleurs qui ne paroissent jamais que lorsque l'organe est forcé, ou qu'il a été trop fortement ébranlé.

(3) *Voyez* l'Histoire de l'Académie des Sciences, année 1743.

(4) *Voyez* la note 32 du troisième livre.

§ V.

L'imagination, cette partie dominante du génie de Buffon, a fait naître ses Epoques de la nature, et son Système sur la formation des planètes. Une comète tombant sur le soleil détermine l'évasion d'un torrent de matière fluide qui se réunit au loin en divers globes plus ou moins grands, plus ou moins distans de cet astre. Ces globes sont les planètes et les satellites que le refroidissement rend opaques et solides. Cette hypothèse annonce des idées hardies, de longues recherches, de grandes combinaisons; et lors même que la Physique nous y fait reconnoître des erreurs, nous sommes forcés de les regarder comme les erreurs d'un grand homme.

§ VI.

La philosophie newtonienne étoit répandue avec profusion dans la Hollande; elle comptoit en Allemagne un grand nombre de prosélytes; elle fleurissoit dans les écoles de Pétersbourg par les soins de Bulfinger; et la France, fortement attachée à la doctrine de Descartes, lui opposoit encore vers le milieu du dix-huitième siècle, de nombreux contradicteurs. On

doit au cardinal de Polignac (1), à Sigorgne, à Maupertuis et à Buffon d'avoir contribué également à les détruire. Le cardinal fit réussir, pour la première fois en France, les belles expériences de Newton sur la lumière, en se procurant à grands frais les prismes les plus parfaits. Sigorgne eut le courage de bannir des écoles de l'Université les chimères de Descartes, pour y substituer la doctrine substancielle de Newton. Il fit plus, il brisa d'une main hardie les armes que Privat de Molières, alors professeur au Collège royal, aiguisoit avec une espèce d'acharnement pour la combattre (2). Dans son discours sur les *Figures des astres*, Maupertuis (3) se montra un des plus zélés partisans du newtonianisme; et Buffon dont la raison étoit trop exercée à l'étude de la nature pour n'être point sensible à l'attrait de la nouvelle philosophie, fut un des premiers à l'embrasser, à la défendre. Je donne pour garant de cette assertion la réponse qu'il fit à Clairaut, annonçant en 1747, dans une assemblée publique de l'Académie des Sciences, que d'après ses calculs, quelques iné-

---

(1) *Voyez* la note 33 du troisième livre.

(2) *Voyez* la note 34 du troisième livre.

(3) Maupertuis, né en 1698, mort en 1759.

galités de la lune paroissoient se refuser à la loi de la gravitation (1) ; et le ridicule qu'il jette dans sa seconde vue de la nature sur les chimistes de son temps, habiles à grossir le nombre de leurs petites affinités à mesure qu'il se présentoit quelque nouveau phénomène (2).

§ VII.

L'imagination est sans doute un des plus beaux présens de la nature ; mais elle ne peut être utile aux sciences que quand elle est soumise à l'empire d'un jugement ferme et sévère. Abandonnée à elle-même, elle se nourrit le plus souvent d'illusions et de chimères ; elle s'élance dans des routes incertaines et obscures ; et lorsque le hasard lui fait rencontrer la vérité, elle manque de moyens pour reconnoître sa présence. Le père Castel (3) va nous offrir un exemple frappant de cette vérité.

Castel.

Tout le monde sait qu'il y a sept tons dans l'octave, et sept couleurs bien distinctes dans l'image colorée que forme le prisme traversé

---

(1) *Voyez* la note 35 du troisième livre.

(2) *Voyez* la note 36 du troisième livre.

(3) Le P. Castel, né à Montpellier en 1668, mort en 1757.

par la lumière. Chacune de ces couleurs occupe un certain espace. Newton les mesura tous avec une exactitude scrupuleuse. Il trouva qu'en commençant par le rouge, les nombres qui expriment leurs rapports sont ceux qui répondent continuellement aux différences de longueurs des cordes qui donneroient les accords, *re mi*, *mi fa*, *fa sol*, *sol la*, *la si*, *si ut*, *ut re*; et il fit servir ces rapports à déterminer la couleur qui doit résulter d'un mélange quelconque de couleurs primitives dont les quantités sont données.

Le père Castel alla plus loin, il fonda sur cette analogie des couleurs et des tons un système de musique optique, qu'il exposa sous le titre de *clavecin oculaire*. Cet instrument à touches analogues au clavecin auriculaire, devoit être composé d'autant d'octaves de couleur que le clavecin auriculaire a d'octaves de sons; et il étoit destiné à donner à l'ame par les yeux, les mêmes sensations agréables de mélodie et d'harmonie de couleurs, que celles de mélodie et d'harmonie de sons, que le clavecin ordinaire lui fait éprouver par l'oreille.

Le projet du clavecin oculaire, s'il eût pu se réaliser, eût été sans doute honorable pour son auteur, et utile à l'humanité, en agrandissant le

cercle de ses jouissances; mais malheureusement pour nos plaisirs, cette brillante entreprise n'a eu et n'a pu avoir qu'une existence imaginaire. Demairan a fait voir dans un de ses Mémoires académiques (1), qu'il existe entre la nature des sons et celle des couleurs, des disparités nombreuses qui déposent contre la possibilité du clavecin oculaire.

Le père Castel n'a rendu aucun service réel à la Physique; peut-être même a-t-il contribué à retarder ses progrès, par ses attaques dirigées avec une espèce d'opiniâtreté contre la philosophie de Newton et les écrits de S'Gravesande.

§ VIII.

S'il falloit juger du mérite d'un homme par la réputation dont il a joui pendant sa vie et par le nombre d'éditions des ouvrages qu'il a publiés, personne n'auroit plus de droits que Nollet (2) à la reconnoissance, peut-être même à l'admiration de la postérité. Cette manière de juger n'est pas exacte. Les réputations sont souvent le fruit du charlatanisme et de l'intrigue;

Nollet.

(1) *Voyez* les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1737.

(2) Nollet, né à Pimpré, ci-devant diocèse de Noyon, le 17 novembre 1700, mort le 20 avril 1770.

et

et l'expérience nous apprend chaque jour que les ouvrages dont les éditions se succèdent avec plus de rapidité, ne sont pas toujours les meilleurs. Suivons une règle plus sûre pour apprécier les talens. Donnons à Nollet dans cette Histoire, une place marquée par les services réels qu'il a rendus à la Physique. Il parvint à rendre la pompe pneumatique simple plus exacte et d'un usage plus facile, en proportionnant la capacité du cylindre à sa grandeur, en employant pour le piston des matières propres à diminuer les frottemens, enfin en appliquant la force motrice d'une manière plus avantageuse. La machine pneumatique double fixa aussi son attention. Deux pompes posées verticalement, aboutissent à un robinet commun, au lieu de deux qu'avoit celle de S'Gravesande. Le robinet fait l'office de soupape, comme dans celle du professeur de Leyde. Une roue agit sur deux crémaillères qui, comme dans la pompe de Hauksbée, servent de queue aux pistons. La manivelle qui mène cette roue, tourne alternativement de droite à gauche et de gauche à droite, de manière à placer la clef du robinet dans la situation convenable pour faire sortir ou intercepter l'air à chaque coup de piston.

§ IX.

L'électricité venoit de s'enrichir à Leyde d'une découverte importante. La renommée en porta la nouvelle en France, et Nollet s'en empara le premier. Il fit la fameuse expérience qui avoit frappé Muschembroek de terreur et de surprise. Il en étudia les circonstances et en constata les résultats. Ils piquèrent la curiosité de la multitude ; Nollet s'empressa de la satisfaire ; il fit ressentir la commotion, en présence du roi, à cent quatre-vingts de ses gardes, la transmit dans une autre occasion, à travers un fil métallique de deux mille toises de longueur, et vit périr des oiseaux qu'il avoit disposés sur son passage.

Les Physiciens d'Allemagne avoient fait servir l'électricité à accélérer le mouvement des fluides jaillissans, et Mainbray, d'Edimbourg, l'avoit employée à rendre la végétation de deux myrtes plus vigoureuse et plus rapide. Encouragés par ces essais, Nollet à Paris et Jallabert à Genève, firent presqu'en même temps et avec un égal succès, un grand nombre d'expériences de ce genre. Nollet alla plus loin : des animaux de différente espèce soumis pendant plusieurs heures à l'épreuve de l'électricité, perdirent de leur

poids beaucoup plus qu'ils n'en auroient perdu dans le même temps s'ils n'eussent pas été électrisés; et Nollet en conclut que l'électricité augmente la transpiration insensible des corps animés.

Nollet a fait sur l'électricité beaucoup d'autres expériences imaginées pour appuyer une hypothèse que j'aurai bientôt occasion d'apprécier. Mais, il faut l'avouer, ce physicien n'a jamais mieux servi la science de la nature que par son zèle à la rendre populaire. Ses leçons orales lui attirèrent des disciples nombreux, quelquefois même des admirateurs. Ses leçons écrites n'ont eu qu'un succès momentané; elles eussent peut-être échappé aux ravages du temps, si Nollet eût su leur donner une marche plus mâle et plus rapide; s'il eût su manier avec la même dextérité l'expérience, l'observation et le calcul, ces trois instrumens que Newton avoit réunis, et que Desaguilliers, S'Gravesande et Muschembroek faisoient servir avec tant d'avantage à l'étude et à l'avancement de la Physique.

§ X.

Des procédés employés en Angleterre pour mesurer la vîtesse avec laquelle la commotion électrique se propage, doivent trouver ici leur

place. Le docteur Watson, aidé de quelques membres de la Société Royale, la transmit à travers une longue chaîne conductrice, dont la Tamise faisoit partie. Les observateurs situés des deux côtés de la rivière ressentirent la commotion en même temps. Dans une autre tentative, ils forcèrent la commotion à parcourir une suite de conducteurs de deux mille pieds de longueur par terre et de huit mille par eau; et, comme dans la première épreuve, les observateurs placés aux deux extrémités de la chaîne, sentirent le coup au même instant. Ces expériences, variées de différentes manières, firent connoître que l'électricité se propage à une immense distance avec une vitesse incroyable; qu'elle suit toujours la route tracée par les meilleurs conducteurs; que le terrein et l'eau lui prêtent un passage facile; enfin que le bois bien sec ne partage pas la facilité conductrice.

A la même époque deux professeurs allemands, Klingstierna et Stroema, ajoutèrent des frottoirs à la machine électrique (1). Ellicot imagina d'estimer la force électrique par le

(1) *Voyez* les Mémoires de l'Académie des Sciences de Stockholm, année 1747.

pouvoir qu'elle auroit d'élever un poids situé dans un bassin de balance, en tenant l'autre au-dessus du corps électrisé. Nollet suspendit deux fils ensemble, et jugea de l'intensité électrique par la grandeur de l'angle qu'ils faisoient en divergeant; Waitz employa la même espèce d'électromètre, avec cette différence qu'il chargea le bout des fils de petits poids.

CHAPITRE IX.

Tableau des services rendus à la Physique par Euler, Daniel Bernoulli, Clairaut, Bradley, La Caille, etc.

§ Ier.

Le même homme ne reçoit point dans un degré éminent, tous les dons, tous les bienfaits de la nature. Tel qui possède une imagination vive et brillante, a souvent à desirer un jugement sain, une raison perfectionnée ; et celui qui jouit des belles qualités qui distinguent le génie de la science du calcul, est souvent privé de celles qui caractérisent le génie des sciences naturelles. A Newton seul appartient la gloire d'avoir été en même temps le premier des géomètres et le plus grand des physiciens. Euler (1), qui l'a suivi de si près dans les routes de la haute géométrie, est resté bien loin derrière lui dans les sentiers de la nature.

(1) Euler, né en 1707, mort en 1783.

§ II.

La belle théorie de Newton sur l'origine de la lumière et des couleurs avoit trouvé, en se répandant, de grands obstacles ; et déjà elle en avoit triomphé, lorsqu'Euler proposa sur cet objet une hypothèse ingénieuse et d'autant plus séduisante, qu'elle est fondée sur une analogie entre le son et la lumière : il la fait consister dans un mouvement de vibration très-rapide, imprimé à l'éther par les particules du corps lucide. Tout corps dont les molécules sont susceptibles de recevoir un mouvement de vibration assez vif pour exciter dans les milieux diaphanes qui l'environnent, ce tremblement rapide dans lequel consiste la lumière, a le pouvoir de produire des rayons, d'en envoyer suivant toutes sortes de directions ; et la diversité des couleurs dépend exclusivement du nombre différent de vibrations, ou du nombre différent d'impressions qui se font dans un temps donné, sur la rétine. Euler.

Dans cette hypothèse, un prisme traversé par la lumière, fait éprouver aux rayons lumineux différentes agitations, différens ébranlemens, de manière à leur faire représenter dans notre œil les bandes colorées ; et cette différence dépend

de l'hétérogénéité des molécules intégrantes dont le prisme se compose.

Si cela étoit vrai, les couleurs que donne un prisme traversé par la lumière, seroient d'autant plus vives et d'autant plus distinctes, que l'hétérogénéité de ses molécules seroit plus considérable. Le verre commun seroit donc plus propre que le flint-glass à la fabrication des prismes, ce qui est contraire à l'expérience.

D'ailleurs, lorsque la lumière traverse un prisme de flint-glass, et que dans les bandes colorées qui se forment, on isole un rayon, le rouge, par exemple, pour le faire tomber sur un second prisme formé d'une autre sorte de verre, son passage à travers le second prisme ne produit aucune altération dans sa couleur; et cependant ce rayon traverse un corps dont les molécules hétérogènes soit entre elles, soit par rapport à celles du premier prisme, devroient produire différens ébranlemens, communiquer différentes vîtesses, et conséquemment donner naissance à différentes couleurs.

Enfin, dans la même hypothèse, les corps blancs ont le privilége exclusif de repousser toute la lumière de leur surface, et de communiquer à sa masse un mouvement égal et uniforme; d'où il suit que la surface des corps

blancs se compose de molécules homogènes ; car leur hétérogénéité feroit naître différens ébranlemens et conséquemment différentes vitesses dans les rayons lumineux.

Malgré ces difficultés qu'il paroît difficile de détruire, l'hypothèse d'Euler a eu d'abord des partisans dont le nombre a beaucoup diminué, lorsque l'observation a appris que la lumière agit comme agent chimique dans un grand nombre de phénomènes (1).

§ III.

Lorsque la lumière tombe sur un verre de lunette, ses rayons élémentaires se séparent, et cette séparation déterminée par leur différente réfrangibilité, fait naître des couleurs étrangères à l'image principale, qui altèrent sa netteté. Cette défectuosité choquante fixa l'attention de Newton, et l'inutilité de ses efforts pour la faire évanouir lui fit imaginer son télescope à réflexion. Euler s'occupa ensuite du même objet avec quelque succès. Il eut l'idée ingénieuse d'imiter la construction de l'œil dans la fabrication des lunettes. Les humeurs qui le composent sont disposées de manière, qu'après les avoir traversées, les rayons vont se réunir en un même point; et conséquemment on pourra

(1) Voyez la note 37 du troisième livre.

faire des lunettes qui donnent des images aussi nettes que celles qui se forment à la vue simple, en combinant, comme la nature l'a fait dans la structure de l'œil, des milieux diaphanes de différente densité.

Euler suivit cette heureuse inspiration. Il chercha avec soin les dimensions des objectifs formés de verre et d'eau, de manière à pouvoir imiter la combinaison qu'effectue la nature; mais ses espérances furent trompées; l'exécution ne répondit point à son attente.

Un célèbre artiste de Londres, Dollon, s'empara de l'idée d'Euler, et après différentes tentatives, il vint à bout de la réaliser, non en employant pour former les objectifs, du verre et de l'eau, mais en combinant deux verres dont l'un très-transparent, est connu à Londres sous le nom de *Flint-glass;* et l'autre qui est verdâtre, sous celui de *crown-glass.* Les premières lunettes qui furent exécutées en 1758, d'après ce procédé, eurent un grand succès. La science de la vision s'enrichit des lunettes achromatiques, et Dollond partagea avec Euler la gloire de leur avoir donné l'existence (1).

§ IV.

Pythagore avoit deviné le véritable système du

(1) *Voyez* la note 38 du troisième livre.

monde : Copernic et Galilée l'établirent sur des preuves rigoureuses. Pythagore avoit annoncé que les mouvemens des astres sont soumis à des lois géométriques : Kepler les détermina, et Newton fit voir quelle est la force qui sollicite leur exécution. Newton alla plus loin : il fit de sa découverte de nombreuses applications ; mais le calcul, cet instrument devenu si puissant entre ses mains, ne l'étoit point encore assez pour atteindre les inégalités des planètes. L'honneur de le perfectionner et de le faire servir à soumettre à la loi de la gravitation toutes les anomalies planétaires étoit réservé aux dignes successeurs de ce grand homme.

Les cieux sont le véritable domaine de la Géométrie. C'est là qu'elle s'exerce toujours avec succès, et que ses lois s'exécutent avec la plus grande précision. Il n'en est pas ainsi sur la surface de la terre : plusieurs sortes de résistances qu'il est très-difficile, pour ne pas dire impossible d'apprécier avec exactitude, s'y opposent; c'est principalement à l'aide de l'expérience que la Physique terrestre doit marcher vers sa perfection. Les formules les plus élégantes ne peuvent rien pour son avancement, si elles ne sont fondées sur des principes avoués

Daniel Bernoulli. par la nature. Daniel Bernoulli (1) étoit pénétré de cette vérité ; ou plutôt il allioit dans un degré éminent le talent du géomètre à celui du physicien.

La loi découverte par Torricelli, relativement aux vîtesses des écoulemens des fluides, n'a véritablement lieu que lorsque les orifices sont infiniment petits (2). Guglielmini donna plus d'extension à cette loi dans un ouvrage qui contient sur le cours des eaux, des observations judicieuses (3). Il l'appliqua aux fluides qui s'échappent par de grands orifices et au mouvement des eaux courantes; mais les résultats auxquels il parvint, presque toujours mêlés d'incertitudes et d'erreurs, sont bien loin d'être satisfaisans. Tel étoit l'état d'imperfection où se trouvoit la théorie des écoulemens par des orifices de grandeur quelconque, lorsque Daniel Bernoulli s'occupa de la perfectionner. Il suppose simplement que la surface d'un fluide sortant d'un vase par un orifice de grandeur quelconque, demeure toujours horizontale, et qu'en divisant la masse fluide en une infinité de

(1) Daniel Bernoulli, né en 1700, mort en 1782.

(2) *Voyez* la note 16 du deuxième livre, tom. 2.

(3) Guglielmini, Traité des Fleuves.

tranches parallèles à l'horizon, tous les points d'une même tranche descendent verticalement avec des vitesses égales. Ces principes conduisent Daniel Bernoulli à des résultats remarquables par leur simplicité, leur exactitude et leur conformité avec les résultats de la nature(1).

§ V.

Taylor avoit résolu, le premier, le problème des cordes vibrantes dans une hypothèse suffisante pour expliquer les principaux phénomènes des sons musicaux. Daniel Bernoulli alla plus loin; il approfondit la formation physique du son; montra avec clarté comment une corde mise en vibration, ou même un corps sonore quelconque peut rendre à la fois deux sons différens formant un même système, et parvint ainsi, avec le double secours de l'expérience et du calcul, à établir une belle théorie des sons que les tuyaux d'orgue produisent.

Des boussoles d'inclinaison construites avec le même soin et de la même manière donnoient quelquefois des résultats très-différens dans un même lieu et dans de semblables circonstances;

(1) *Voyez* le Traité d'Hydrodynamique de D. Bern, publié en 1738.

Daniel Bernoulli fit disparoître cette défectuosité par des moyens ingénieux. Ils consistent principalement à donner à l'aiguille une mobilité qui lui permette de tourner librement sur son axe, sans éprouver le moindre frottement, et à faire ensorte que la pesanteur, cette force commune à tous les corps, ne porte aucune atteinte à l'action de la puissance magnétique.

§ VI.

L'ascension des liqueurs au-dessus de leur niveau dans les tubes capillaires n'est point un de ces faits isolés qui ne tiennent à rien dans la science de la nature. Son existence est liée à celle d'un grand nombre d'effets, avec des caractères d'analogie, qui indiquent visiblement le même mécanisme (1). Cette considération a suffi pour faire sentir l'importance de ce phénomène, et pour diriger l'activité des physiciens vers la connoissance de la cause qui le produit.

A l'époque de son origine, qui suivit de près celle de la pesanteur de l'air, plusieurs physiciens, ayant à leur tête le père Fabri, tentèrent de rapporter à la pression atmosphérique

(1) Voyez la note 39 du troisième livre.

cette exception marquée à la loi générale de l'équilibre des fluides (1). Mais cette explication vague ne put résister à l'épreuve de l'expérience qui rendit sensible aux académiciens de Florence l'existence du phénomène dans le vide.

De Mairan substitua à la pression de l'air l'action de la matière subtile, et offrit ainsi momentanément un petit empire sur la terre aux tourbillons de Descartes, qui venoient de perdre le vaste domaine des cieux (2).

§ VII.

L'esprit humain sans cesse animé par la plus active curiosité, souvent même par l'aiguillon de l'amour-propre, ne se lasse point dans ses recherches pour découvrir les secrets de la nature. L'insuffisance des moyens employés le porte à en imaginer de nouveaux qui ont, ou qui du moins lui paroissent avoir une plus grande apparence de succès.

Convaincus que le phénomène des tubes capillaires ne pouvoit être attribué à la pression inégale d'un fluide quelconque, Vossius, Borelli et Carré imaginèrent, chacun séparément,

(1) *Voyez* la note 40 du troisième livre.

(2) *Voyez* la note 41 du troisième livre.

que les liqueurs en s'insinuant dans les cavités étroites des espaces capillaires, diminuoient de pesanteur en vertu de l'adhérence qu'elles contractoient avec les parois intérieures du verre : ce qui donnoit aux colonnes extérieures une supériorité d'action qui devoit déterminer l'élévation du petit cylindre liquide, comme si sa pesanteur spécifique eût été moindre (1).

Suivant Hauksbée, l'eau qui se présente à l'orifice d'un tube capillaire est attirée par les parois du premier anneau de verre, avec lesquelles elle est en contact; et l'effet de cette attraction consiste à soulever et à tenir suspendue la portion cylindrique d'eau qu'elle maîtrise. Cette légéreté respective donne aux colonnes extérieures un avantage de pression, qui se faisant sentir continuellement sur la base du cylindre d'eau contenue et attirée dans le tube capillaire, doit l'élever aussi haut qu'il faudra pour compenser par une plus grande colonne d'eau, cette diminution de poids que l'attraction du verre fait naître. L'hypothèse de Hauksbée ne diffère visiblement de celle de Carré, qu'en ce que celui-ci emploie l'adhérence ; et l'autre,

(1) *Voyez* la note 42 du troisième livre.

l'attraction

l'attraction comme agent principal dans la production du phénomène (1).

Le docteur Jurin est porté à croire que le phénomène d'ascension dans les tubes capillaires est produit par l'attraction de l'anneau circulaire de verre qui touche immédiatement la surface du liquide. L'eau qui s'insinue dans un tube capillaire, du moment que son orifice y est plongé, perd une partie de son poids par l'attraction de la circonférence de cet anneau ; et elle est déterminée à s'élever soit par l'attraction des anneaux successifs, soit par la pression de l'eau stagnante. Jurin.

L'expérience des gouttes d'eau que l'on fait descendre le long des parois extérieures d'un tube capillaire, et qui remontent dans sa capacité par l'orifice inférieur, à une hauteur au moins égale à celle qu'elles auroient atteinte si on eût plongé le tube dans l'eau, est visiblement décisive contre la pression des colonnes extérieures, et conséquemment l'écueil de ces diverses hypothèses.

§ VIII.

Un grand géomètre, Clairaut (2), est le pre- Clairaut.

(1) *Voyez* la note 43 du troisième livre.

(2) Clairaut, né en 1713, mort en 1765.

mier qui ait tenté d'expliquer le phénomène des tubes capillaires sans avoir recours à la pression des colonnes collatérales (1). La cohésion des molécules du fluide, leur pesanteur ou leur inertie, et l'attraction des points de la surface du vase sont les seules forces qu'il met en jeu pour le produire. Il considère comme autant de centres d'action toutes les petites parties dont la masse fluide et le vase se composent; et en partant de ce principe, il trouve tout en équilibre, malgré l'élévation de l'eau dans les tubes au-dessus du niveau de celle qui est dans le vase. Il attribue cette élévation à l'attraction exercée par les deux bouts du tube. Le bout supérieur attire vers le haut les globules de la surface du fluide; le bout inférieur les attire dans un sens diamétralement opposé; et comme ce dernier attire aussi d'autres couches d'eau vers le bas, l'ascension de l'eau s'effectue. Par une suite de calculs dont on peut voir le détail dans l'ouvrage même de Clairaut, il prouve que lorsque le tube est d'un très-petit diamètre, l'eau doit s'y élever à une hauteur réciproque à ce diamètre, pourvu qu'on suppose que l'attraction agisse suivant une certaine loi différente de

(1) *Voyez* son Traité de la Figure de la terre.

la loi inverse du carré de la distance, et cette supposition suffit pour faire sentir que le mécanisme imaginé par Clairaut n'est point celui de la nature.

Dans un beau Mémoire dont Weibrecht a enrichi le Recueil académique de Pétersbourg (1), cet habile physicien explique d'une manière plus simple, plus facile et plus satisfaisante, l'important phénomène qui nous occupe. Par une suite de propositions et de raisonnemens fondés sur des principes d'expérience, il parvient à une théorie lumineuse dont je renvoie l'exposition dans une note (2), pour épargner au lecteur l'ennui des longs détails; ceux que je me suis permis m'ont paru nécessaires dans l'histoire de la Science. Ils servent à montrer les efforts de l'esprit humain luttant contre des difficultés qui souvent ne disparoissent que pour en faire naître de nouvelles. Weibrecht.

§ IX.

Une suite d'observations faites avec le plus grand soin, avoit fait connoître à Bradley (3) que

(1) *Voyez* le tom. 8 des Mémoires acad. de Péters.

(2) *Voyez* la note 44 du troisième livre.

(3) Bradley, né en 1692, mort en 1762.

certaines étoiles paroissoient avoir dans l'intervalle d'un an une sorte de balancement en longitude sans changer de latitude ; que d'autres varioient seulement en latitude, et qu'enfin le plus grand nombre paroissoient décrire dans le ciel pendant l'intervalle d'un an, une petite ellipse plus ou moins aplatie. En réfléchissant sur ces apparences, Bradley soupçonna qu'elles étoient produites par la combinaison du mouvement progressif de la lumière avec le mouvement de la terre dans son orbite ; et un simple raisonnement suffit pour justifier ce soupçon. La vitesse de la lumière n'est pas instantanée : elle a, suivant la théorie de Roëmer, un rapport fini à la vitesse de la terre dans son orbite. Un rayon de lumière parti d'une étoile, et apportant à l'œil l'impression de cette étoile, n'arrive donc qu'après que la terre a changé sensiblement de place depuis l'instant où il est parti : ainsi, quand l'œil reçoit l'impression, il doit rapporter l'étoile à un endroit différent de celui où il l'auroit rapportée s'il avoit toujours conservé la même place. Tous les phénomènes de l'aberration des étoiles se plient pour ainsi dire d'eux-mêmes à cette ingénieuse explication qui a fourni en même temps la démonstration physique la plus com-

Bradley.

plète du mouvement de la terre, et de la propagation successive de la lumière.

Bradley observa encore dans les étoiles un léger mouvement apparent, qu'il explique avec le même succès, en attribuant un balancement ou une nutation à l'axe de la terre par rapport au plan de l'écliptique. Cette découverte n'est pas moins importante que celle de l'aberration; et toutes deux assurent à Bradley une des places les plus distinguées dans l'histoire de la Physique céleste.

§ X.

Bouguer (1) et La Caille (2) méritent d'être cités dans cette Histoire. La Physique doit à Bouguer une suite d'expériences intéressantes, tantôt sur la force et la gradation de la lumière; tantôt sur la longueur du pendule, et sur les altérations qu'elle éprouve au voisinage des grosses montagnes (3). Bouguer.

Dans son voyage au cap de Bonne-Espérance, La Caille mesura la longueur d'un degré terrestre et détermina avec précision les parallaxes ho- La Caille.

(1) Bouguer, né en 1698, mort en 1758.

(2) La Caille, né en 1713, mort en 1762.

(3) *Voyez* la note 45 du troisième livre.

rizontales du soleil et de la lune. A ces services rendus à la Physique céleste, La Caille joint celui de l'avoir enrichie d'un grand nombre d'importantes observations, et d'avoir beaucoup contribué à la répandre par des ouvrages élémentaires sur l'astronomie et sur l'optique, qui méritent d'être regardés comme des modèles de précision et de clarté.

CHAPITRE X.

Tableau des découvertes physiques de Franklin, Æpinus, Canton, Beccaria, etc.

§ Ier.

DANS l'intervalle d'un demi-siècle, la masse des faits électriques a considérablement augmenté. Ce sont des anneaux précieux, mais encore épars sur le domaine de la Physique, ou entassés les uns sur les autres sans liaison et sans ordre. Dans cet état d'isolement ou de confusion, ils attendent, avec une sorte d'impatience, qu'une main habile les rassemble, les dispose et donne à chacun, avant de les unir, la place qui lui convient dans la chaîne qui doit former la science. Plusieurs savans se présentent pour remplir cette tâche difficile.

Hauksbée regarde l'air comme la principale cause des phénomènes électriques; Jallabert les attribue à un fluide particulier qui a avec celui du feu de grands traits de ressemblance. Wilson pense qu'ils sont principalement produits par l'éther qui est plus ou moins dense dans les corps

suivant leur plus ou moins grande combustibilité (1). Nollet les fait dépendre de deux sortes de matière fluide; l'une qui sort d'un conducteur électrisé, l'autre qui s'échappe des corps qu'on lui présente; et telle est la malheureuse influence des illusions de l'amour-propre sur les conceptions de cet estimable physicien, que chaque expérience qu'il tente, chaque phénomène nouveau qu'on lui oppose, lui paroît attester la réalité de ces courans imaginaires.

§ II.

Une grande découverte ne se borne pas à augmenter la masse des faits connus et à leur donner plus de clarté. presque toujours elle excite dans les esprits une vive fermentation qui en prépare de nouvelles. Né dans une de ces contrées presqu'étrangères à la culture des Franklin. sciences, Franklin (2) ne se doutoit pas qu'il avoit reçu de la nature le germe d'un grand talent pour la Physique, lorsque le spectacle des phénomènes de la bouteille de Leyde contribua à le développer. Animé presque subite-

(1) Wilson's, Dissertation, pag. 5.

(2) Benjamin Franklin, né à Boston dans la Nouvelle-Angleterre en 1706, mort le 17 avril 1790.

ment du desir d'en trouver l'explication, il se livra à des recherches profondes qui le conduisirent à une hypothèse ingénieuse; et les efforts qu'il fit pour la justifier lui valurent plusieurs brillantes découvertes.

Franklin suppose qu'il existe un fluide très-délié, auquel il donne le nom de *fluide électrique*. Il est répandu partout; ses molécules se repoussent, et le verre résiste victorieusement à son passage. Plongés originairement dans ce fluide, les corps en prennent en raison de leur attraction et de leur capacité, jusqu'à ce qu'il se soit mis en équilibre avec lui-même dans tous les corps de la nature. Alors aucun corps n'est électrisé. Ils sont tous dans l'état naturel. Mais du moment que le frottement ou un autre moyen quelconque détermine la rupture de cet équilibre, les attractions des corps pour le fluide électrique perdent leur rapport d'égalité: les uns acquièrent une surabondance de fluide électrique; les autres manquent d'une partie de leur fluide naturel; et c'est cet excès ou ce défaut de fluide, qui les constitue dans deux états d'électricité différente: Franklin donne à la première le nom d'*électricité positive*; à la seconde, celui d'*électricité négative*: nous verrons bientôt que celle-ci répond à l'électricité

résineuse de Dufai; l'autre, à son électricité *vitrée*.

§ III.

Cette hypothèse n'est point le fruit précoce d'une imagination enflammée par le desir de deviner un des plus beaux procédés de la nature; elle est l'ouvrage d'un esprit judicieux et réfléchi, qui observe, étudie et compare avec sagacité les phénomènes. Franklin veut savoir comment la bouteille de Leyde acquiert la vertu électrique, pourquoi elle la conserve quoiqu'on la touche, comment elle la communique; et la nature, pressée par des interrogations fines et suivies, fait à ces questions des réponses satisfaisantes. C'est dans le verre même que résident la vertu et la puissance d'une bouteille de Leyde chargée, puisque la commotion a le même degré d'intensité, soit qu'on ôte avant la décharge, soit qu'on laisse le bouchon avec le fil métallique qui le traverse, et l'eau ou toute autre matière conductrice qui remplit la moitié de la capacité de la bouteille. Ces diverses substances ne servent qu'à ménager au fluide électrique un passage facile pour arriver au lieu de sa destination, c'est-à-dire à la surface du verre qui l'arrêtant dans sa course rapide, dé-

termine sa condensation, et contribue ainsi à augmenter la force répulsive de ses molécules, sans empêcher qu'elle exerce son activité sur le fluide naturel de la surface extérieure. Celle-ci (1), dit Franklin, se dépouille d'une quantité du fluide qui lui est propre, précisément égale à celle qu'acquiert la surface intérieure, de manière qu'il n'y a pas réellement plus de fluide électrique dans la bouteille, quand elle est chargée, qu'il n'y en avoit auparavant.

Pour appuyer cette assertion hardie, Franklin est fécond en moyens, ingénieux en découvertes. Il présente à une bouteille de Leyde chargée une boule de liége attachée à l'extrémité d'un fil de soie, et il voit sans surprise que la boule est attirée par l'enveloppe extérieure de la bouteille, tandis que le fil métallique communiquant avec l'intérieur, la repousse (2). Il suspend un fil de lin au voisinage de l'enveloppe d'une bouteille chargée, et il observe que chaque fois qu'il présente son doigt au crochet de la bouteille, le fil de lin est attiré par l'enveloppe, de manière qu'à mesure qu'il soutire le fluide de la surface intérieure,

(1) Franklin's Letters, pag. 24.

(2) *Ibidem*, pag. 4.

l'enveloppe en reçoit la même quantité par le moyen du fil de lin (1).

§ IV.

Ces expériences, peut-être suffisantes pour constater la justesse de l'idée de Franklin, ne portent point dans son esprit une parfaite conviction. Il se livre à de nouvelles recherches pour vérifier sa conjecture. Il décharge sa bouteille à travers le corps d'un homme isolé, et l'homme ne conserve après la décharge aucune trace d'électricité (2). Il isole le frottoir après avoir suspendu une bouteille au conducteur; et il ne peut réussir à la charger, quoiqu'il la tienne constamment avec la main, tandis qu'il la charge facilement lorsqu'à l'aide d'un fil métallique il fait communiquer sa surface extérieure avec le frottoir isolé (3). Franklin charge la bouteille avec la même facilité, soit qu'il présente l'enveloppe, soit qu'il présente le crochet au conducteur (4) et lorsqu'il essaie de charger plusieurs bouteilles, en faisant com-

(1) Franklin's Letters, pag. 5.
(2) *Ibidem*, pag. 8.
(3) *Ibidem*, pag. 83.
(4) *Ibidem*, pag. 19.

muniquer l'intérieur de l'une avec l'extérieur de l'autre, de manière que le fluide perdu par la première est reçu par la seconde, et ainsi de suite jusqu'à la dernière, le succès répond parfaitement à son attente (1).

Franklin est ingénieux à varier, à multiplier les expériences; et toutes se plient, pour ainsi dire d'elles-mêmes, à son ingénieuse hypothèse; un seul phénomène lui résiste; il observe avec une espèce de surprise, que deux corps électrisés négativement se repoussent; et il avoue avec cette ingénuité qui distingue le vrai talent, qu'il ne peut en donner une explication satisfaisante (2).

§ V.

Plusieurs Physiciens (3) avoient formé le soupçon vague d'une sorte d'analogie entre l'électricité et le tonnerre. Franklin eut la même idée; mais il imagina des expériences délicates et hardies qui ont servi à le justifier.

Il existe, dit Franklin, entre l'électricité et le tonnerre de grands traits de ressemblance; l'un et

(1) Franklin's Letters, pag. 77.

(2) *Ibid.*, page 34.

(3) *Voyez* la note 46 du troisième livre.

l'autre frappent les objets les plus pointus et les plus élevés qui se rencontrent sur leur route. Tous deux suivent les meilleurs conducteurs, enflamment les substances combustibles, mettent les métaux en fusion, tuent les animaux, et renversent ou détruisent la polarité (1). Ces divers points d'analogie offrent sans doute quelques probabilités en faveur de la conjecture de Franklin ; ils ne peuvent suffire pour la transformer en certitude. Il faut, pour démontrer l'identité de la matière du tonnerre et de celle de l'électricité, élever un appareil électrique jusque dans les régions des nuages orageux, enlever le fluide électrique à l'atmosphère, le substituer à nos machines, et produire, sans leur secours, tous les effets qu'elles font naître. Franklin forme ce projet hardi ; et la propriété qu'il reconnoît dans les pointes de soutirer le fluide électrique sans bruit et sans explosion, lui fournit un moyen facile de le réaliser. Il attache à un cerf-volant un fil de fer terminé en pointe, et le lance dans l'atmosphère au moment même qu'il se forme un orage. Le fluide électrique, attiré par la pointe métallique, descend le long d'un cordon de chanvre, pour aboutir à une clef

(1) Franklin's Letters, pag. 90.

attachée à son extrémité (1), qui tient lieu pour Franklin, du conducteur de sa machine (2).

§ VI.

Romas, assesseur au présidial de Nérac, réalisa dans le même temps la même idée que Franklin. Il employa un moyen semblable, avec la différence qu'il attacha à son cerf-volant une corde entourée d'un fil métallique qui conduisoit l'électricité à un tuyau de fer blanc isolé, d'un pied de longueur sur un pouce de diamètre; et si les expériences qu'il fit avec cet appareil n'ont point sur celles de Franklin l'avantage de la priorité, elles ont du moins celui d'avoir fait naître les mêmes phénomènes avec plus d'activité et d'énergie (3).

Franklin ne se borna pas au cerf-volant, il imagina un moyen plus facile et plus commode de soutirer le feu électrique des nuages orageux; une barre métallique terminée en pointe, fut disposée pour attirer ce fluide dans son laboratoire; et pour ne laisser échapper aucune occasion

(1) Franklin's Letters, pag. 106.

(2) *Voyez* la note 47 du troisième livre.

(3) *Voyez* les Mémoires de Physique présentés à l'Académie par des savans étrangers, tom. 2, p. 393.

favorable à ses intéressantes recherches, il avoit adapté à l'appareil deux clochettes qui en sonnant l'avertissoient de sa présence (1).

Dalibard devança Franklin et Romas, dans de pareilles tentatives. Il fit établir auprès de Marly-la-Ville, une cabane au-dessus de laquelle étoit fixé un barreau de fer d'environ 40 pieds de longueur, isolé par le bas. Un nuage orageux ayant passé au voisinage du barreau, il donna de fortes étincelles à l'approche d'un conducteur.

Delor, Mazeas et Le Monnier en France; Canton en Angleterre, le P. Beccaria en Italie, et Richman en Russie, firent ensuite diverses expériences de ce genre: tout le monde sait que le professeur de Pétersbourg a été victime de son zèle et de son amour pour la science. Il fut frappé de la foudre à côté de l'appareil même qu'il avoit disposé dans sa chambre pour recevoir le fluide qui lui donne naissance (2).

Ce n'est point assez pour Franklin d'avoir fait et publié une brillante découverte; il cherche et trouve un moyen facile de la rendre utile à

(1) Franklins', Letters, pag. 112.

(2) *Voyez* la note 48 du troisième livre.

l'humanité,

l'humanité, et par là même de lui donner plus d'importance. Il fixe une barre de fer terminée en pointe, de manière qu'elle se trouve plus élevée qu'aucune partie de l'édifice, et qu'elle communique avec le terrein ou avec l'eau la plus voisine. La matière du tonnerre ne manquera pas de se porter sur la tige métallique de préférence à toute autre partie du bâtiment ; et sa puissance dangereuse se dissipera à travers les substances conductrices disposées sur son passage.

L'utilité des paratonnerres a été contestée à l'époque de leur origine ; mais l'expérience, ce juste appréciateur des découvertes, n'a pas tardé à dissiper tous les doutes, et à rendre sensibles les avantages attachés à la construction de ces sortes d'instrumens, lorsqu'on prend les précautions nécessaires pour assurer leur efficacité.

§ VII.

Tandis que Franklin se distinguoit à Philadelphie par des découvertes électriques de la plus haute importance, Kinnersley, son ami, Kinnersley.
faisoit à Boston des expériences du même genre qui ne sont point sans intérêt. Il observa qu'une boule de liége électrisée par le verre, étoit

attirée par l'ambre, par le soufre, et repoussée par le verre. Si la boule recevoit l'électricité du fil de fer d'une bouteille chargée, elle étoit repoussée par le verre, mais attirée par le soufre. Enfin, quand il électrisoit la boule par le soufre ou l'ambre, jusqu'à ce qu'elle en fût repoussée, elle étoit attirée par le fil de fer de la bouteille, et repoussée par son enveloppe. En confirmant la découverte de Dufay, ces expériences firent voir que ses deux électricités étoient précisément les électricités positive et négative que Franklin (1) venoit de découvrir; et l'analogie conduisit Kinnersley à conclure que si l'on place un globe de verre à une des extrémités d'un principal conducteur, et un globe de soufre à l'autre, tous deux bien disposés et animés d'un mouvement semblable, on ne pourra obtenir du conducteur une seule étincelle : espèce de paradoxe que Franklin vérifia (2).

Le *thermomètre électrique à air* de Kinnersley mérite d'être connu. Il se compose d'un tube de verre d'environ onze pouces de longueur sur un pouce de diamètre, plein d'air et fermé à

(1) Franklin's Letters, pag. 62.
(2) *Ibid.* pag. 99.

chaque bout par des viroles de cuivre : ce tube en renferme un autre beaucoup plus petit qui plonge dans un peu d'eau mise au fond du grand tube; les viroles de cuivre sont traversées par des fils de fer qui servent à transmettre une étincelle, et l'on juge de l'expansion de l'air dans le grand tube, par l'élévation de l'eau dans le petit.

Kinnersley pose son thermomètre sur un isoloir; et quoiqu'il l'entretienne bien éléctrisé pendant long-temps à la faveur d'une chaîne attachée au conducteur de sa machine, l'air renfermé dans le tuyau du thermomètre n'éprouve aucune dilatation sensible.

Quand les deux fils de fer en dedans du tube furent en contact, une forte charge d'électricité ne produisit point de raréfaction; mais lorsqu'ils furent à environ deux pouces de distance, la charge d'une bouteille rarefia l'air très-sensiblement; la charge d'une grande jarre causa une expansion prodigieuse; et celle d'une batterie fit monter l'eau dans le petit tube jusqu'à son extrémité supérieure. L'eau descendit ensuite peu à peu, à mesure que l'air se refroidissoit, et se fixa au point où elle étoit d'abord. En observant avec soin à quelle hauteur l'eau descendante s'arrête d'abord, on peut,

dit Kinnersley, connoître le degré de raréfaction qui est très-considérable dans de grandes explosions.

Il est visible que la première élévation subite de l'eau dans le thermomètre de Kinnersley, après l'explosion faite dans le tube qui la contient, ne doit point être attribuée à la raréfaction de l'air par la chaleur, mais à la quantité d'air, actuellement déplacée par l'explosion électrique. Ce n'est donc, comme l'a très-bien remarqué cet habile Physicien, que lorsque cette première élévation subite a cessé, qu'on peut estimer le degré de sa raréfaction par la chaleur, au moyen de la hauteur à laquelle l'eau s'arrête alors au-dessus du niveau ordinaire.

§ VIII.

L'hypothèse imaginée par Franklin fut accueillie avec transport. Sa simplicité avoit des charmes séduisans pour la multitude; et la facilité avec laquelle s'expliquoient les brillans phénomènes de la bouteille de Leyde, lui fit parmi les physiciens un grand nombre de prosélytes. Cependant le phénomène de répulsion que présentent deux corps doués de l'électricité négative, lui résistoit toujours avec la même opiniâtreté; et cette résistance commandoit son,

abandon, ou du moins des modifications propres à la faire surmonter.

Æpinus se charge de cette difficile entreprise; Æpinus.
et il emprunte, pour l'exécuter, les puissans secours de l'analyse. Il décompose avec sagacité les forces qui se combinent dans la production des phénomènes électriques; et dès-lors la théorie marche à grands pas vers son véritable but. Quelques détails propres à faire connoître la méthode de cet excellent physicien ne seront point déplacés dans cette Histoire.

§ IX.

Comme Franklin, Æpinus suppose les phénomènes électriques produits par un fluide composé de molécules d'une extrême ténuité, qui se repoussent mutuellement, même à une distance sensible, et qui peuvent être attirées par tous les corps connus. En partant de ce principe hypothétique, soient, dit Æpinus, deux corps A et B, par exemple, non électrisés et mis en présence l'un de l'autre. Il est visible que ces corps sont animés par trois forces: 1°. La matière propre du corps A attire le fluide électrique du corps B. 2°. Le fluide du corps A repousse le fluide du corps B. 3°. Le fluide du corps A attire la matière propre du corps B.

D'ailleurs il existe entre ces trois forces une exacte égalité; la première égale la seconde, puisqu'elles sont opposées, et que l'état naturel des corps exige qu'elles soient en équilibre. La première égale aussi la troisième, c'est-à-dire que l'attraction exercée par la matière propre du corps A sur le fluide du corps B, égale l'attraction que le fluide du corps A exerce sur la matière propre du corps B. Car ces attractions sont comme les forces : celles-ci sont comme les produits des masses par les vitesses; et il est aisé de voir, dit Æpinus, que ces produits sont. égaux, si l'on fait attention que la vitesse produite dans un corps par l'attraction d'un autre corps, est comme la masse de ce dernier, et que la quantité naturelle du fluide électrique est proportionnelle à la masse.

Voilà donc trois forces égales, et puisque la première est détruite par la seconde à cause de leur opposition, il faut nécessairement trouver quelque part une quatrième force égale et opposée à la troisième. Æpinus ne peut la prendre que dans l'action mutuelle des corps, et se voit ainsi forcé à admettre que, sous le rapport des phénomènes électriques, les molécules de tous les corps se repoussent. Cette conséquence lui parut d'abord contraire aux lois de la gravita-

tion. Mais cette apparente absurdité s'évanouit, en réfléchissant que la répulsion mutuelle des molécules des corps n'a lieu, dans son hypothèse, que lorsque les corps sont électrisés ; c'est-à-dire lorsqu'ils sont pénétrés par le fluide électrique qui, comme le calorique, peut bien communiquer aux molécules des corps une force répulsive sans contrarier les lois de la gravitation.

Il me semble qu'on pourroit faire à Æpinus un reproche mieux fondé. Il suppose que la quantité naturelle de fluide électrique est proportionnelle à la masse ; et cette supposition n'est point exacte, 1° parce qu'il est probable que toutes les parties égales de matière n'attirent pas également le fluide électrique. Newton a fait voir que les molécules des corps combustibles attirent le fluide lumineux plus fortement qu'il n'est attiré par les molécules égales des corps incombustibles; et déjà plusieurs expériences tendent à prouver que les corps résineux ont pour le fluide électrique plus d'attraction que les autres corps de la nature. 2°. Pour que la quantité naturelle de fluide électrique soit proportionnelle à la masse, il ne suffit pas que les molécules égales des différens corps attirent également le fluide électrique ; il faudroit en-

core que, donnée même masse, tous les corps eussent la même capacité pour le contenir, ce qui est contraire à l'analogie (1).

§ X.

Quoi qu'il en soit, on ne peut refuser à l'hypothèse d'Æpinus, d'être plus satisfaisante que l'hypothèse de Franklin : à l'avantage d'analyser les forces électriques et de conduire ainsi, avec le secours d'un calcul bien simple, à l'explication des phénomènes, elle joint celui d'avoir annoncé à son auteur, qu'un corps dans l'état naturel, mis en présence d'un corps électrisé, acquiert l'électricité opposée. Résultat important qui est entièrement étranger à l'hypothèse de Franklin, et dont Æpinus a ensuite confirmé l'existence par des expériences décisives.

Il plaça un petit poids sur une des extrémités d'un grand conducteur de métal, l'éloigna ensuite du conducteur au moyen d'un cordon de soie, tandis que le bout sur lequel il étoit posé se trouvoit plongé dans l'atmosphère d'un corps

(1) *Voyez* le développement de cette théorie dans mon Traité de Physique, tom. 3, qui traite de l'électricité.

électrisé ; et il trouva que le poids mobile avoit acquis une électricité différente de celle de l'atmosphère (1).

Le résultat de cette expérience fit soupçonner à Æpinus que le même principe doit s'étendre à tous les corps de la nature, bons ou mauvais conducteurs, puisque tous contiennent dans leur état naturel une certaine quantité de fluide électrique. Pour vérifier ce soupçon, il électrisa positivement un des bouts d'un tube de verre, et il arriva que 4 ou 5 pouces de cette extrémité furent positifs ; plus loin, il trouva deux pouces négatifs ; le tube redevint ensuite positif jusqu'à l'autre extrémité. Æpinus répéta souvent cette expérience avec le même succès, et il chercha à l'expliquer en supposant que l'électricité développée dans un bout du tube, repousse à quelque distance dans le verre, le fluide naturel qui se condense et exerce conséquemment une force répulsive sur une autre portion du fluide naturel au verre, de manière que les différentes portions du tube sont alternativement affectées de l'électricité positive et négative (2).

(1) Æpini Tentamen, pag. 129.

(2) *Ibid.*, page 192.

§ XI.

On ne connoissoit que deux manières d'électriser, le frottement et la communication, lorsque Æpinus (1) annonça aux physiciens qu'il avoit trouvé le moyen de développer l'électricité dans la tourmaline (2), sans le secours du frottement. Cet habile physicien expose pendant quelques instans une tourmaline à l'action de la chaleur, et l'électricité se manifeste aux deux parties opposées de la pierre. Il la plonge dans l'eau bouillante, et un de ses sommets jouit dans un degré éminent de l'électricité positive, tandis que l'autre est animé par l'électricité négative.

Cette belle propriété de la tourmaline fixa l'attention des physiciens anglais. Wilson et Canton s'empressèrent de répéter les expériences publiées par le physicien de Pétersbourg; et après divers tentatives, ils parvinrent à confirmer sa découverte. Canton alla plus loin: il scia en trois morceaux une grande tourmaline irrégulière, d'environ un demi-pouce de

---

(1) *Voyez* l'Histoire de l'Académie des Sciences et Belles-Lettres de Berlin, année 1756.

(2) *Voyez* la note 49 du troisième livre.

longueur, au moment où elle manifestoit son électricité ; et chaque morceau avoit ses deux moitiés dans deux états opposés, comme la tourmaline entière : propriété singulière que la tourmaline partage avec les aimans, et dont la théorie offre la plus heureuse explication (1).

Les propriétés attribuées exclusivement à la tourmaline jusqu'à l'année 1760, furent reconnues ensuite dans diverses substances naturelles. Canton trouva que la topaze du Brésil les partageoit, et Wilson les reconnut bientôt après dans le rubis et dans plusieurs autres pierres précieuses. On sait aujourd'hui que le borate de magnésie, l'oxide de zinc cristallisé, etc., donnent, à l'aide de la chaleur, des signes d'électricité non-équivoques. Chacune de ces substances a deux pôles, dont l'un est le siége de l'électricité positive et l'autre celui de l'électricité négative.

Canton a enrichi l'électricité de plusieurs autres découvertes. On lui doit principalement d'avoir prouvé que le verre dépoli acquiert toujours par frottement l'électricité négative ; d'avoir construit avec des fils de lin et des boules Canton.

(1) *Voyez* mon Traité de Physique, tom. 3, qui traite du magnétisme.

de moëlle de sureau, un électromètre atmosphérique, et d'avoir composé avec de l'étain et du mercure une amalgame qui favorise beaucoup le développement de l'électricité.

§ XII.

Les physiciens qui se sont occupés jusqu'ici d'expliquer les phénomènes électriques, les ont fait dépendre de l'action d'un seul fluide. Symmer soupçonne, après Dufay, un mécanisme plus compliqué en apparence; et c'est par une suite d'expériences curieuses qu'il est conduit à ce soupçon.

Symmer.

Souvent il avoit remarqué en ôtant ses bas le soir, qu'ils pétilloient, qu'ils lançoient des étincelles dans l'obscurité, et que ces apparences étoient plus fortes lorsqu'il portoit sur la même jambe deux bas de soie l'un noir et l'autre blanc. Ils ne donnoient aucun signe d'électricité tant qu'ils étoient unis; mais au moment de leur séparation, l'électricité positive se manifestoit très-sensiblement dans le bas blanc, la négative dans le noir.

Symmer répéta cette expérience avec deux bas noirs dans une main, et deux blancs dans l'autre. La répulsion des bas de même couleur et l'attraction de ceux de couleur différente les

mit dans une agitation considérable. Chacun cherchoit avec une sorte d'empressement celui de sa couleur opposée; et lorsqu'ils avoient la liberté de céder à leur attraction mutuelle, ils s'unissoient plus ou moins étroitement: souvent même il falloit employer une force considérable pour effectuer leur séparation (1).

Alexandre-Amédée Vaudonia fit une observation semblable que le père Beccaria nous a transmise après en avoir confirmé l'exactitude (2). Il mit une chemise de castor entre deux autres, qu'il portoit pendant les rigueurs de l'hiver. Toutes les fois qu'il ôtoit celle de dessus, il la trouvoit adhérente à celle de castor, et leur séparation faisoit appercevoir des étincelles. Chaque fois qu'il ôtoit la chemise de castor, elle étoit encore plus adhérente à la chemise de dessous; et quand il la tenoit à une distance assez considérable de cette dernière, elle s'y précipitoit avec force.

L'adhérence des deux bas dans l'expérience de Symmer, engagea ce Physicien à essayer la force de l'adhésion électrique dans les carreaux de verre électrisés. Il prit deux grands car-

(1) Philosoph. trans. tom. 51, part. 1, pag. 340.
(2) Electric. artific. natural., page 197.

reaux de verre, les plus minces, les plus unis qu'il put trouver, et garnit un des côtés de chacun avec une feuille d'étain, laissant sur les deux bords un espace découvert. Il posa les côtés découverts l'un sur l'autre; les chargea tous deux comme s'il n'y eût eu qu'un seul carreau, et il trouva que leur adhésion étoit très-forte. Il tourna les carreaux dans un sens opposé et il reconnut que la même opération qui les avoit chargés auparavant, les déchargeoit complètement.

Ces expériences variées de différentes manières, portèrent Symmer à penser qu'il existe deux fluides ou deux puissances électriques différant essentiellement l'un de l'autre. Dans cette hypothèse, l'électricité ne consiste point dans l'affluence et l'effluence de ces deux fluides; elle dépend de l'accumulation de l'un ou l'autre dans les corps électrisés; et, suivant que l'un ou l'autre prévaut, le corps est électrisé de l'une ou de l'autre manière.

Ce principe de deux pouvoirs électriques distincts ne sauroit, dit Symmer, contrarier le système général de la nature. C'est une de ses lois fondamentales, que l'action et la réaction sont inséparables et égales; et il suffit de jeter un coup d'œil autour de nous, pour voir que

toute puissance rencontre dans ce monde physique, une puissance contraire qui en contrebalance et en règle les effets; de manière à remplir les vues de la divine providence (1).

Ici je pourrois ajouter plusieurs expériences que Jean-François Cigna a publiées dans le Récueil des Mémoires de l'Académie de Turin, année 1765, et qui jettent un nouveau jour sur l'hypothèse des deux fluides. Nous verrons dans la suite de cette Histoire, qu'elle a sur celle de Franklin et sur celle d'Æpinus, des avantages qui lui ont mérité et obtenu la préférence.

§ XIII.

Le père Beccaria.

L'ingénieux père Beccaria a fait sur l'électricité de nombreuses expériences parmi lesquelles les suivantes méritent d'être remarquées. Il disposa des tubes pleins d'eau, de manière qu'ils faisoient partie du cercle électrique, et observa que quand ils étoient très-petits, ils ne transmettoient point la commotion, qui augmentoit de force et d'énergie, à mesure que les tubes dont on se servoit étoient plus grands (2). L'eau en petite quantité est donc mauvais con-

(1) Philosop. transac. tom. 51, part. 1, pag 389.
(2) Electri. artific. natur., pag. 113.

ducteur d'électricité, tandis que l'eau en masse jouit de la faculté conductrice.

Pour appuyer cette conclusion, le père Beccaria insinua dans de petits tubes remplis d'eau, des fils de fer presqu'au point de se rencontrer, et il s'en servit pour décharger une bouteille. L'étincelle éclata entre leurs extrémités les plus voisines comme s'il n'y avoit point eu d'eau dans l'intervalle. Les tubes furent brisés, et les débris de la rupture lancés à une grande distance (1).

Il est probable que dans ces sortes d'expériences l'eau est décomposée, ou du moins réduite par l'étincelle électrique, à l'état de vapeur; et tout le monde sait que le gaz aqueux jouit d'une élasticité capable de briser les parois des vases qui résistent à son passage.

§ XIV.

Quelques physiciens électriciens méritent de trouver ici leur place. Le père Ammersin, de Suisse, trouva que le bois convenablement séché, étoit mauvais conducteur d'électricité, surtout si l'on prenoit la précaution de le faire bouillir dans l'huile de lin; et cette découverte

(1) Electri. artific. natur., pag. 114

engagea

engagea quelques physiciens à substituer aux globes de verre dans les machines électriques des cylindres de bois qui donnent l'électricité, positive ou négative, suivant que le frottoir est de soie ou de laine. D'autres s'en tinrent, pour avoir l'électricité négative, aux globes de soufre imaginés par Otto de Guerike. Mais la plupart préférèrent d'isoler le frottoir d'un globe poli, et de le faire répondre à un principal conducteur isolé, tandis que le conducteur ordinaire communiquoit avec la terre.

Wilson employa avec succès le frottement de l'air pour électriser divers morceaux d'ambre, de tourmaline et de verre. Après vingt coups d'un soufflet ordinaire, chacune de ces substances acquit l'électricité positive, mais dans différens degrés d'intensité. L'électricité de l'ambre fut la plus foible; celle de la tourmaline, la plus forte. Wilson eut recours à un soufflet de forge. L'effet fut le même, avec cette différence que l'électricité étoit beaucoup plus forte dans la tourmaline; mais l'électricité ne fut jamais plus considérable que lorsque Wilson eut pris la précaution de faire rougir le bout du soufflet. Douze coups suffirent pour électriser très-fortement la tourmaline.

Enfin Ramsden, fameux artiste de Londres,

construisit sur un plan nouveau une machine électrique qui a mérité et obtenu généralement la préférence. Il substitua au globe un plateau circulaire de verre qui tourne verticalement et frotte contre quatre coussins. Le conducteur est un tube de cuivre d'où sortent deux tiges horizontales qui aboutissent à environ un demi-pouce de distance du plateau.

CHAPITRE XI.

Tableau des services rendus à la Physique par Leroy, Saussure, Mongolfier.

§ Ier.

Un fluide infiniment délié, réel ou hypothétique, connu autrefois sous le nom de *feu élémentaire*, aujourd'hui sous le nom de *calorique*, s'insinue à travers les pores des corps, écarte leurs molécules; et s'il les pénètre jusqu'à un certain point, il leur donne cette légéreté respective qui détermine leur ascension au-dessus de la terre, pour composer une masse fluide qui l'environne de toutes parts, et qui s'élève à une grande hauteur sur sa surface. Soumise, comme tous les autres corps, à l'influence de cet agent, l'eau se transforme en vapeurs pour aller payer son tribut à l'atmosphère; mais du moment que le calorique l'abandonne, elle perd sa forme élastique, recouvre sa liquidité et obéit à la pesanteur qui la sollicite vers la terre.

Telle étoit la doctrine des philosophes de la Grèce, et après eux de la plupart des physiciens. Le calorique étoit regardé comme le dissolvant

de tous les corps de la nature. Seul, il jouissoit du privilége de faire éprouver à l'eau différentes métamorphoses, jusqu'à ce que plusieurs phénomènes observés avec soin aient fait soupçonner à Boyle, que l'air partage avec le calorique la propriété de la dissoudre (1). Boyle n'alla pas plus loin, l'honneur de convertir sa conjecture en certitude étoit réservé à Leroy.

§ II.

Cet ingénieux physicien observa qu'une bouteille bien bouchée, exposée pendant le jour à une température de vingt degrés, laissoit pendant la nuit déposer sur ses parois, en forme de gouttelettes, une partie de l'eau contenue dans l'air dont la bouteille étoit remplie. Cette espèce de rosée devenoit plus abondante à mesure que la température devenoit moindre ; mais l'eau précipitée disparoissoit ensuite, du moment que l'air devenu plus sec par une augmentation de température, recouvroit la faculté de la dissoudre (2).

En rendant, pour ainsi dire, sensible la dis-

---

(1) *Voyez* le chap. 9 du deuxième livre, tom. 2, pag. 139, 140.

(2) *Voyez* les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1751, pag. 481.

solution de l'eau par l'air, cette expérience, souvent répétée avec le même succès, apprit à Leroy, que la faculté dissolvante de l'air est proportionnelle à la température. D'un autre côté, un simple raisonnement fait voir que l'air dissout d'autant plus d'eau, qu'il est plus comprimé; c'est-à-dire, que le nombre de ses molécules en contact avec l'eau, est plus considérable; et la pompe pneumatique confirme ici le témoignage de la raison, par le nuage humide dont elle s'obscurcit aux premiers coups de piston.

La faculté dissolvante de l'air est donc en raison de sa température et de la pression qu'il éprouve; et comme la température et la pression de l'atmosphère souffrent de grandes et fréquentes variations, il en résulte que l'air devient tantôt plus, tantôt moins avide d'eau, de manière qu'il l'enlève ou la laisse précipiter suivant les circonstances.

Le refroidissement qui toujours accompagne la dissolution de l'eau par l'air, c'est-à-dire l'évaporation, annonce que cette dissolution est précédée par l'union de l'eau avec le calorique, c'est-à-dire par la vaporisation. Mais cette union de l'eau avec le calorique, pour passer à l'état gazeux, est déterminée par l'attraction de l'air. Il est probable que l'eau acquiert alors plus de

capacité pour le calorique. Son attraction pour ce fluide devient plus grande que celle des corps environnans qui lui en cèdent. Ces effets sont en quelque sorte simultanés, et c'est l'attraction de l'air qui leur donne naissance.

§ III.

En dévoilant la véritable cause de l'évaporation, la découverte de Leroy jeta un grand jour sur plusieurs météores remarquables. La formation de la rosée, de la pluie, de la neige annonce dans la faculté dissolvante de l'air, une diminution que partagent, ensemble ou séparément, la pression et la température. Le baromètre mesure la pression de l'atmosphère; le thermomètre indique la température; il faut donc observer en même temps la marche de ces deux instrumens, pour apprécier avec exactitude les changemens qu'éprouve la faculté dissolvante de l'air. Le baromètre seul ne peut être qu'un indicateur infidèle ou du moins équivoque de la pluie et du beau temps. Lorsque le baromètre baisse, la pression de l'atmosphère diminue; mais si alors la température augmente dans un plus grand rapport que la pression ne diminue, la faculté dissolvante de l'air augmentera, et conséquemment le temps sera sec et

serein, quoique la colonne barométrique éprouve une dépression.

§ IV.

Le célèbre Saussure (1) s'empara de la découverte de Leroy, et imagina de nouvelles expériences pour en confirmer l'existence. Il fit plus : il voulut savoir si l'eau dissoute par l'air exerce quelque influence sur l'état de ce fluide; et la nature, interrogée avec adresse, lui répondit que la présence de l'eau augmente l'élasticité de l'air qui la tient en dissolution. Pour apprécier cette augmentation (2), Saussure introduisit à plusieurs reprises un linge mouillé dans une masse d'air déterminée et desséchée autant qu'il est possible; et il observa qu'une colonne de mercure, soumise à la pression de cet air, montoit graduellement à mesure qu'il dissolvoit de l'eau. A une température de 15 degrés du thermomètre de Réaumur, la quantité de vapeur capable de saturer l'air, augmente l'élasticité de ce fluide, de manière qu'au lieu d'une pression de 27 pouces, à laquelle il faisoit

(1) Saussure, né à Genève le 17 février 1740, mort en 1799.

(2) Essai sur l'Hygrométrie, n° 108.

auparavant équilibre, il en soutenoit alors une de 27 pouces 6 lignes.

De cette expérience variée de différentes manières, Saussure conclut que l'eau dissoute par une masse d'air, augmente l'élasticité de ce fluide; que l'eau ainsi dissoute est un fluide élastique capable de soutenir seul une pression égale à l'accroissement d'élasticité qu'il communique à l'air; enfin qu'une masse d'air saturée d'eau en vapeurs à 15 degrés, a besoin d'une pression de 27 pouces 6 lignes pour continuer d'être resserrée dans l'espace qu'elle occupoit auparavant sous une pression de 27 pouces; et conséquemment, si cette masse d'air n'est soumise encore qu'à cette dernière pression, les molécules de la vapeur exerceront, en vertu de leur ressort, une force répulsive sur les molécules de l'air, en même temps qu'en vertu de sa force attractive, l'air tiendra la vapeur aqueuse dans l'état de dissolution, et le volume de la masse se trouvera augmenté de $\frac{1}{64}$: mais comme, suivant Saussure, la densité de la vapeur est à celle de l'air à peu près dans le rapport de 10 à 14, le volume augmentera dans un plus grand rapport que la masse : d'où il suit que la pesanteur spécifique de l'air diminue à mesure qu'il tient une plus grande

quantité d'eau en dissolution; résultat important qui fournit l'explication la plus satisfaisante de l'abaissement du mercure dans le baromètre, lorsque l'air atmosphérique se sature d'humidité.

§ V.

Depuis l'époque de son origine, qui date du quinzième siècle, l'hygromètre a éprouvé de nombreuses modifications. Le P. Mersenne, Kirker, les académiciens de Florence, Boyle et Amontons se sont donnés tour à tour bien des soins pour le construire avec diverses substances plus ou moins propres à absorber l'humidité de l'atmosphère. L'abbé Fontana et Leroy ont dirigé ensuite vers le même objet leur zèle et leur activité.

Fontana prend une lame de verre bien nette et bien polie, dont il connoît exactement le poids; il la refroidit à un degré déterminé; il l'expose ensuite à l'air pendant un temps encore déterminé, et l'augmentation de son poids lui indique le degré de l'humidité de l'air.

Leroy tenoit dans l'air un verre plein d'eau, et dont la chaleur étoit la même que celle de cet air. Il refroidissoit lentement cette eau par une addition graduée et successive d'eau à la

glacé, et notoit le degré de froid auquel on commençoit à voir, à la surface du verre, cette légère rosée qui annonce la précipitation des vapeurs aqueuses, et par conséquent la saturation de l'air contigu au verre. Il jugeoit l'air d'autant moins humide, qu'il falloit un degré de froid plus considérable pour opérer cette précipitation.

Ces moyens, quoiqu'ingénieux, ne peuvent suffire à remplir l'objet de leur destination. Convaincu de leur insuffisance, Saussure cherche et réussit à construire un hygromètre qui a obtenu sur tous ceux qui l'ont précédé une juste préférence.

Il prend un cheveu préparé d'une manière convenable, et qui a la propriété de se raccourcir par le dessèchement, de s'alonger par l'humidité. Un des deux bouts est attaché à un point fixe; et l'autre à la circonférence d'un petit cylindre mobile qui porte une aiguille à une de ses extrémités. Le cheveu est tendu par un contre-poids suspendu à un fil de soie qui est roulé en sens contraire autour du même cylindre. A mesure que le cheveu s'alonge ou se raccourcit, il fait tourner le cylindre dans un sens ou dans l'autre; et conséquemment la petite

aiguille dont les mouvemens se mesurent sur la circonférence d'un cercle gradué autour duquel l'aiguille fait sa révolution. Ainsi une variation, très-petite dans la longueur du cheveu, devient sensible par le mouvement plus considérable qu'elle occasionne dans l'extrémité de l'aiguille; et il est visible qu'à des degrés égaux d'alongement ou de raccourcissement dans le cheveu répondent des arcs égaux parcourus par l'aiguille.

Pour rendre comparables tous les hygromètres construits d'après ce procédé, Saussure donne à l'échelle deux termes fixes, dont l'un est pris dans l'extrême de l'humidité, et l'autre dans celui de la sécheresse; il détermine le premier en plaçant l'hygromètre sous un récipient de verre dont il a mouillé exactement avec de l'eau toute la surface intérieure. En se saturant de cette eau, l'air agit par son humidité sur le cheveu pour l'alonger: Saussure humecte de nouveau et à plusieurs reprises, l'intérieur du récipient; et lorsque, par un séjour plus long, le cheveu cesse de s'étendre, le terme de l'humidité extrême est arrivé.

Saussure détermine le terme de l'extrême sécheresse, en renfermant l'hygromètre sous un récipient chaud et bien desséché, avec un mor-

ceau de tôle pareillement échauffé et couvert de potasse caustique. L'alcali absorbe ce qui reste d'humidité dans l'air environnant, et sollicite ainsi le cheveu à se raccourcir jusqu'à ce qu'il ait atteint sa limite de contraction.

Saussure a sans doute rendu un grand service à la science, en lui offrant le précieux instrument dont je viens de donner la description.

Les hygromètres construits d'après ces principes se distinguent par leur commodité, par leur accord entre eux et par leur extrême promptitude à suivre les variations de l'air.

Il paroît cependant qu'ils ne sont pas exactement comparables. Saussure avoue (1) que lors même qu'ils sont faits avec le plus de soin, ils sont sujets à des écarts qui vont quelquefois au-delà de 2 ou 3 degrés. D'ailleurs il est visible que les cheveux ne peuvent avoir une marche parallèle que lorsqu'ils sont semblables, également lessivés et exposés ensuite aux mêmes variations d'humidité et de sécheresse; et comment se promettre que toutes ces conditions sont remplies par différens artistes qui fabriquent des hygromètres en différens temps et en différens lieux.

(1) Essai sur l'Hygrométrie, pag. 154, 185.

§ VI.

A l'invention d'un hygromètre comparable, Saussure joint une théorie qui jette le plus grand jour sur la marche et sur l'usage de ce précieux instrument (1). Il ne peut servir à mesurer l'humidité absolue de l'air. Le cheveu ne dépouille ce fluide de son humidité qu'en vertu de son attraction supérieure; mais du moment que l'attraction du cheveu pour l'eau devient égale à l'attraction de l'air pour le même liquide, il y a équilibre entre les deux attractions, et cet équilibre marque visiblement le terme où la tendance du cheveu pour l'eau cesse de se satisfaire.

La chaleur exerce sur le cheveu une influence qui modifie celle de l'humidité et de la sécheresse ; car si la chaleur de l'air qui environne l'hygromètre reçoit un nouveau degré d'activité, sa faculté dissolvante à l'égard de l'eau est augmentée; il enlève donc au cheveu une partie de l'eau qui le pénètre, et à raison de cette soustraction, le cheveu est raccourci. D'un autre côté, la chaleur se communique au cheveu et agit pour l'alonger, quoique beaucoup plus

(1) Essai sur l'Hygrom. *Passim.*

foiblement : d'où il résulte que l'effet total se complique de deux effets partiels et contraires. Il faut donc, dans les observations délicates, suivre en même temps la marche du thermomètre et celle de l'hygromètre, afin de pouvoir démêler l'effet principal, ou le degré d'humidité de l'air, d'avec l'effet auquel la chaleur donne naissance.

Lorsque l'eau est complètement dissoute par l'air, elle n'est pas sensible à l'hygromètre; elle a perdu la faculté de mouiller, qui la distingue dans l'état de liquide; et elle a acquis les propriétés du fluide élastique qui la tient en dissolution : de là vient sans doute qu'elle ne trouble point sa transparence, et qu'elle se trouve souvent en grande quantité dans l'atmosphère sans donner aucun signe de sa présence.

Quel est donc le véritable usage auquel on doit employer l'hygromètre? Cet instrument est exclusivement destiné à annoncer la présence de l'eau dans l'air, au moment où elle se dissout et au moment où elle se précipite. Il suffit pour s'en convaincre de prendre de cet air sec et chaud qui fait partie de l'atmosphère pendant les ardeurs brûlantes de l'été, et de le plonger dans la glace. Son immersion sera marquée par une précipitation de gouttelettes d'eau, et c'est

alors qu'on verra le cheveu de l'hygromètre marcher vers l'humidité.

§ VII.

P. François Lana forma, le premier, vers le milieu du dix-septième siècle, le hardi projet de construire des aérostats, c'est-à-dire des ballons plus légers que l'air, et de les faire servir à emporter un vaisseau dans les hautes régions de l'atmosphère (1). Ce physicien n'exécuta point son plan de navigation; il avoit besoin d'être mûri par le temps, et d'être épuré au creuset d'une profonde réflexion. Il a fallu plus d'un siècle pour apprécier cette idée ingénieuse; et c'est aux frères Mongolfier (2) qu'était réservé l'honneur de la réaliser.

Etienne Mongolfier et Joseph Mongolfier.

C'est en observant l'ascension des vapeurs et leur réunion pour former les nuages soutenus malgré leur masse à de grandes hauteurs, que les frères Mongolfier imaginèrent d'enfermer

(1) *Voyez* la note 24 du deuxième livre, tom. 2, pag. 244.

(2) Etienne Mongolfier, né à Annonai..., mort en 1799.

Joseph Mongolfier, né à Annonai..., mort le 26 juin 1810.

dans des enveloppes légères un fluide plus léger que l'air atmosphérique, et de former ainsi une espèce de nuage artificiel qui, en s'élevant dans l'atmosphère, emporteroit avec lui des corps d'un poids proportionnel à son volume.

Le gaz hydrogène leur offrait le moyen de réaliser leur idée; ils en remplirent des petits ballons de papier ou d'étoffes de soie; les ballons s'élevèrent; mais les enveloppes n'étant pas assez exactement fermées, laissoient échapper du gaz hydrogène, et cette déperdition déterminoit leur chute. Pour obvier à cet inconvénient, ils eurent d'abord l'idée d'employer des enveloppes plus solides; mais ils craignirent que le poids de ces enveloppes ne fût trop grand pour que la force ascensionnelle pût produire l'effet qu'ils desiroient; d'ailleurs le prix excessif des expériences qui auroient pu confirmer ou détruire leurs craintes, les empêcha d'en faire l'épreuve.

Après avoir long-temps réfléchi aux moyens de remplacer le gaz hydrogène dans leur machine aérostatique, ils se décidèrent à employer l'action du calorique. Ils avoient observé qu'une chaleur de 50 degrés au-dessus de celle de l'atmosphère diminuoit le poids d'un pied cube d'air de 72 grains, et qu'en augmentant

augmentant cette chaleur de 30 degrés, la diminution du poids étoit double.

Ils firent construire un globe de toile, doublé de papier, qui pouvoit contenir environ 23000 pieds cubes d'air; ils allumèrent du feu dans l'intérieur; et le globe s'éleva avec une force d'environ 600 livres. Cette épreuve, répétée plusieurs fois avec un égal succès, les détermina à publier leur découverte. Ils invitèrent l'assemblée des Etats du Vivarais à assister, le 5 juin 1783, à une expérience aérostatique qu'ils se proposoient de faire publiquement à Annonai.

Le globe qui devoit donner un spectacle si nouveau, étoit construit en toile doublée de papier, cousue sur un réseau de ficelle fixé aux toiles, et sa circonférence étoit d'environ 110 pieds. Un châssis en bois, d'environ 16 pieds carrés, le tenoit fixé par le bas. Sa capacité étoit d'environ 22000 pieds cubes; et conséquemment, en supposant la pesanteur spécifique de l'air à celle de l'eau, dans le rapport de 1 à 800, il déplaçoit une masse d'air de 980 livres, la pesanteur de l'air intérieur étant à peu près moitié de celle de l'air extérieur. Le globe pesoit avec le châssis, 500 livres. Il restoit 490 livres de force ascensionnelle, ce

qui se trouva conforme à l'expérience. Deux hommes suffirent pour le monter et le gonfler, mais il en fallut un plus grand nombre pour le retenir. On l'abandonna à un signal donné, et il s'éleva à la hauteur de 1000 toises, laissant une foule immense de spectateurs dans la surprise et dans l'admiration.

§ VIII.

L'assemblée des Etats du Vivarais envoya à Paris le procès-verbal de cette fameuse expérience, qui acquit ainsi la plus grande publicité. Etienne Mongolfier, en rendit témoins le 12 septembre 1783, plusieurs commissaires de l'Académie des Sciences; et le 19 du même mois, il la répéta à Versailles en présence du roi, de toute sa cour, et d'un grand nombre de spectateurs réunis dans la même enceinte par l'attrait de la nouveauté.

Encouragé par ces brillans succès, Mongolfier résolut de faire de nouvelles expériences pour utiliser sa découverte. Il fit construire un nouvel aérostat plus grand et plus solidé, destiné à faire des voyages aériens. Sa capacité était d'environ 60000 pieds cubes; une nacelle d'osier étoit attachée au bas de la machine, et on y avoit placé un réchaud, au moyen duquel,

avec un approvisionnement de paille, les voyageurs pourroient augmenter à volonté la rarité de l'air. Le 15 octobre, Pilatre-Derosier entra dans la nacelle, s'éleva avec le globe à la hauteur de 90 pieds, et descendit, quelques minutes après, sans avoir essuyé le plus léger accident. Cet intrépide aéronaute ne prévoyoit point alors que le premier apôtre de la science aérostatique en seroit le premier martyr (1).

La découverte de Mongolfier, ou plutôt l'heureuse application d'un principe démontré il y avoit deux mille ans par Archimède, fut à peine connue, que les physiciens s'occupèrent de la perfectionner. On reconnut et constata l'avantage des ballons à gaz hydrogène sur les Mongolfières. L'approvisionnement du combustible dont il faut charger ces dernières, est un obstacle presque insurmontable dans les voyages de quelque étendue. On détermina la composition du vernis dont on enduit les enveloppes. Enfin on munit l'aéronaute d'un parachute, afin de le garantir des dangers d'une descente trop rapide. Quant aux recherches relatives à la direction des ballons aérostatiques, les efforts des physi-

(1) *Voyez* la note 50 du troisième livre.

ciens ont été jusqu'ici se briser contre un écueil qui me paroît insurmontable, c'est le défaut de point d'appui.

L'envie, toujours acharnée à poursuivre les inventeurs, n'épargna point les frères Mongolfier. Certains esprits, sans doute trop prévenus en faveur des philosophes de l'antiquité, ont cru découvrir dans leurs écrits la véritable origine des aérostats; et lorsque Joseph Mongolfier a répondu à ces stupides détracteurs, en imaginant le bélier hydraulique (1), on les a vus s'épuiser en vains efforts pour trouver dans les Transactions philosophiques, des traces de cette utile et ingénieuse découverte.

---

(1) *Voyez* la note 51 du troisième livre.

CHAPITRE XII.

Tableau des progrès de la Physique entre les mains de Coulomb.

§ Ier.

Si du point où nous sommes parvenus, on jette un regard sur l'espace parcouru depuis Newton dans les sentiers de la nature, on ne pourra qu'être frappé d'admiration par le spectacle varié des nombreuses et brillantes découvertes qui ont enrichi la Physique. Plusieurs cependant sont encore loin de leur terme de perfection. La théorie de la résistance des fluides est incomplète; celle des frottemens exige de nouveaux soins, de nouvelles expériences; et la science de l'électricité, déjà si riche en phénomènes, sollicite avec le même empressement que la science du magnétisme, l'invention de nouveaux instrumens propres à mesurer leurs effets avec exactitude, et à déterminer avec précision les lois qui les maîtrisent. Sensible au cri du besoin, Coulomb (1) se présente pour le satisfaire. Un Coulomb.

(1) Coulomb, né à Angoulême en 1736, mort en 1806.

jugement sain et sévère, une raison exercée à l'étude de la nature, une imagination vive et féconde en artifices pour dévoiler ses mystères, une adresse singulière à manier le double instrument de l'expérience et du calcul : avec ces qualités éminentes, secondées par le desir ardent de bien faire, et embellies par le charme de la plus franche modestie, qui pourroit ne pas compter sur des succès ?

§ II.

S'il est vrai que la difficulté d'une entreprise se mesure sur le nombre et la grandeur des efforts qu'il faut faire pour la surmonter, il en est peu dont l'exécution doive paroître aussi difficile que celle qui a pour objet de déterminer la loi d'affoiblissement des forces électriques et magnétiques sous le rapport de la distance. Cette détermination est l'écueil contre lequel ont été se briser les tentatives opiniâtres des Hauksbée, des Taylor, des Dufay, des Muschembroek. Coulomb n'est ni effrayé, ni découragé par le spectacle de leurs chutes. La force de son génie le fait planer sur les obstacles, et son regard pénétrant lui facilite le moyen de les éviter ou de les vaincre.

Il imagine de mettre en équilibre une force

électrique et la force de torsion, qu'il a trouvé le moyen de mesurer avec la plus grande exactitude (1). Il y parvient à l'aide d'un instrument ingénieux auquel il donne le nom de *balance électrique* (2), et qu'il fait servir avec une adresse merveilleuse à démontrer, par des expériences délicates, variées de différentes manières, que les attractions et répulsions électriques suivent la loi inverse du carré de la distance.

A ce service éclatant que Coulomb a rendu à la Physique, il en joint beaucoup d'autres qui, quoique d'une moindre importance, sont cependant d'un grand prix. Aucun des électromètres inventés par Henley, Lane, Cavallo, Bennet (3), ne pouvoit servir à mesurer avec précision l'intensité de la force électrique; et presque tous avoient un défaut de sensibilité qui les empêchoit d'annoncer la présence des petites doses d'électricité; de celle, par exemple, que le frottement développe dans les substances métalliques: ce qui a fait croire pendant long-temps, que les métaux ne sont point susceptibles de s'électriser par frottement. Frappé de ce double inconvé-

---

(1) *Voyez* la note 52 du troisième livre.
(2) *Voyez* la note 53 du troisième livre.
(3) *Voyez* la note 54 du troisième livre.

nient, Coulomb travaille et réussit à le faire évanouir. Il tire, à la flamme d'une bougie, un fil de gomme-laque, de la grosseur à peuprès d'un fort cheveu, et il lui donne environ un pouce de longueur. Une de ses extrémités est attachée au haut d'une petite épingle sans tête, suspendue à un fil de soie, tel que le donne le ver à soie; à l'autre extrémité du fil de gomme-laque, il fixe un petit cercle de papier doré d'environ deux lignes de diamètre, et l'électromètre est construit. On le suspend ensuite dans un cylindre de verre, afin de le garantir des courans d'air, et on établit une graduation sur la surface extérieure du cylindre. La sensibilité de cet instrument est telle, qu'une force d'un soixante millième de grain chasse l'aiguille à plus de 90 degrés.

§ III.

Les corps conducteurs jouissent d'une propriété remarquable, qui consiste en ce que le fluide libre qui les tient à l'état électrique est répandu autour de leur surface, de manière qu'il n'en existe aucune portion sensible dans leur intérieur. Cette propriété avoit été apperçue par Etienne Gray; mais c'est à Coulomb qu'est dû l'honneur de l'avoir établie sur des expériences décisives, dont il a ensuite confirmé le résultat

par le calcul. L'électromètre qu'il venoit d'imaginer, un bâton de résine-laque d'une ligne de diamètre, à l'extrémité duquel est fixé un cercle de papier doré d'environ une ligne de rayon, et un corps conducteur quelconque, isolé et percé de plusieurs trous qui ont peu de profondeur; tels sont les instrumens qu'il fait servir à cet usage (1).

Mais quelle est la manière dont le fluide électrique se distribue sur la surface des corps conducteurs ? comment se partage-t-il entre plusieurs globes égaux ou inégaux, en contact ou séparés par des globes intermédiaires? Coulomb se propose à lui-même ces questions aussi délicates que curieuses, et sa balance électrique lui fournit le moyen d'en trouver la solution.

§ IV.

Pour expliquer les phénomènes électriques, Coulomb considère avec Symmer le fluide électrique comme composé de deux fluides particuliers qui sont neutralisés, l'un par l'autre, dans l'état ordinaire des corps, et qui se séparent lorsque les corps sont électrisés. Il ne regarde pas comme démontrée l'existence du fluide élec-

(1) *Voyez* la note 55 du troisième livre.

trique, et à plus forte raison celle des deux fluides qui entrent dans sa composition. Mais peu importe que l'existence de ces deux fluides soit réelle ou seulement hypothétique, pourvu qu'elle conduise à une manière simple et plausible de représenter avec fidélité tous les résultats que donne l'experience.

Un corps peut être électrisé par la simple décomposition du fluide électrique qui lui est propre, ou en vertu d'une quantité surabondante d'un des fluides composans, qu'il reçoit par communication; et il en résulte qu'un corps peut être électrisé, c'est-à-dire sortir de son état naturel, et néanmoins conserver sa quantité naturelle de fluide électrique.

Les molécules de chacun des fluides qui composent le fluide électrique, se repoussent entre elles et attirent celles de l'autre fluide. Ce principe sur lequel repose l'hypothèse de Coulomb, fait voir que deux corps électrisés, chacun par une quantité additive d'un des fluides composans, doivent s'écarter l'un de l'autre, en vertu des forces répulsives qu'exercent les unes sur les autres les molécules des fluides de même espèce; et que deux corps sollicités, l'un par une quantité additive d'un des fluides composans, et le second par une quantité de l'autre fluide élé-

mentaire, doivent tendre l'un vers l'autre en vertu des forces attractives que les molécules de chacun des fluides exercent sur celles de l'autre fluide.

Les autres cas d'attraction ou de répulsion dans lesquels il se fait une décomposition du fluide naturel de l'un des corps ou de tous les deux, s'expliquent avec une égale facilité, si l'on prend soin d'analyser les forces qui se compliquent dans la production de ces sortes de phénomènes, et de les considérer d'abord dans l'état d'équilibre (1). De grands détails sur cet objet sont étrangers à cette histoire. Il me suffira de dire que tous les phénomènes électriques se plient d'eux-mêmes à cette ingénieuse hypothèse.

Le reproche qu'on lui fait de contrarier la simplicité de la marche de la nature est un reproche mal fondé.

Ce monde physique ne nous offre aucun corps qui jouisse de la simplicité absolue. Le fluide qui nous éclaire a-t-il pu, malgré l'excessive ténuité de ses molécules, résister à l'épreuve de l'expérience du prisme? La simplicité du fluide électrique seroit donc une exception que ne partageroit aucun corps de la nature.

(1) *Voyez* mon Traité de Physique, tom. 3, chap. qui traite de la théorie de l'électricité.

D'ailleurs il se combine dans la production des phénomènes électriques différentes forces, dont la réalité ne sauroit paroître équivoque. Que fait l'hypothèse qui nous occupe? Elle donne une sorte de support à nos idées, en faisant dépendre ces forces de deux fluides qui n'ont peut-être qu'une existence imaginaire, mais alors équivalente à la cause qui les produit.

§ V.

La balance électrique se change entre les mains de son célèbre auteur en une balance magnétique; et cette sorte de transformation lui fournit le moyen de soumettre les attractions magnétiques à l'empire de la même loi qui maîtrise les attractions et les répulsions électriques. Un fluide infiniment délié, réel ou hypothétique, donne naissance aux phénomènes électriques; un autre fluide fait naître les phénomènes magnétiques. Ces deux fluides paroissent suivre une marche semblable dans leurs actions respectives, et Coulomb saisit avec adresse cette sorte de correspondance pour lier la théorie du magnétisme à celle de l'électricité.

Il regarde le fluide magnétique comme composé de deux fluides particuliers combinés entre eux dans les corps qui ne donnent aucun signe

de magnétisme, et dégagés lorsqu'ils passent à l'état d'aimant. Les molécules de chaque fluide se repoussent entre elles, et attirent celles de l'autre fluide.

C'est en combinant ces principes avec la loi inverse du carré de la distance, maîtrisant les actions exercées par les fluides dont se compose le fluide magnétique, que Coulomb parvient à expliquer d'une manière satisfaisante tous les phénomènes du magnétisme. Ils dépendent du jeu simultané de quatre forces, savoir, deux attractions et deux répulsions, lesquelles sont toutes égales dans l'état naturel des corps, par des raisons semblables à celles qui servent à démontrer l'égalité des quatre forces dont les actions réciproques produisent les phénomènes électriques (1).

§ VI.

L'opinion qui attribuoit au fer le privilége exclusif d'être attirable à l'aimant, étoit accréditée par plus de vingt siècles d'existence, lorsqu'au seizième siècle, Gilbert annonça aux savans, que la terre est un grand aimant, et conséquemment que tous les corps dont elle se

(1) *Voyez* pour les détails mon Traité de Physique, tom. 3, chap. qui traite de la Théorie du magnétisme.

compose jouissent de la polarité. Képler et Otto-de-Guerike partagèrent cette idée hardie, et la firent servir à l'explication de quelques phénomènes. La plupart des physiciens la rejetèrent. Le fer recouvra son antique prérogative; et lorsqu'on reconnut la même propriété dans le nikel, le platine, le cobalt, etc., on l'attribua à un reste de fer qui altéroit, disoit-on, l'homogénéité de ces substances. On croyoit qu'en les ramenant, par des procédés chimiques, à un très-grand degré de pureté, on parviendroit à faire entièrement évanouir la vertu attractive que faisoit naître en elles la présence d'un aimant.

Mûrie par deux siècles de durée, l'idée de Gilbert s'épura et se fortifia dans la tête de Coulomb. Il sentit que si l'aimant exerce réellement son influence sur tous les corps de la nature, elle doit être très-foible dans la plupart; et que conséquemment pour en reconnoître l'existence, il falloit donner aux corps qu'on vouloit soumettre à l'épreuve de l'expérience, la plus grande mobilité. Coulomb y parvient en ramenant un grand nombre de corps pris dans les trois règnes de la nature, à la forme d'un cylindre dont les dimensions sont extrême-

ment atténuées (1). Le petit cylindre suspendu à un fil de soie tel qu'il sort du cocon, est placé entre les pôles opposés, peu distans l'un de l'autre, de deux barreaux d'acier, situés dans une même ligne droite; et de quelque matière qu'il soit formé, il prend toujours exactement la direction des deux barreaux. Si on le détourne de cette direction, il y est toujours ramené après des oscillations dont le nombre est souvent de plus de trente par minute ; et Coulomb en conclut avec raison que le magnétisme n'est point une propriété particulière. Tous les corps de la nature la partagent, quoique d'une manière très-inégale, et conséquemment le globe terrestre est un grand et unique aimant.

§ VII.

La méthode imaginée par Michell pour communiquer à des barreaux d'acier la vertu magnétique, consiste à dresser verticalement à une petite distance l'un de l'autre, deux barreaux fortement aimantés, de manière que leurs pôles

(1) Coulomb a fait ces expériences avec de petits cylindres d'or, d'argent, de cuivre, de plomb, d'étain, de verre, avec un morceau de craie, avec un fragment d'os et différentes sortes de bois.

contraires se correspondent, et à les faire glisser dans cette situation d'un bout à l'autre de la verge que l'on veut aimanter; ensorte qu'ils aillent et viennent alternativement, sans leur permettre jamais de dépasser les extrémités de cette verge. Lorsqu'après un certain nombre de frictions, les barreaux se retrouvent avec le milieu de la verge, on les enlève suivant une direction perpendiculaire à la verge.

Æpinus modifia avantageusement cette méthode. Il inclina les barreaux en sens contraire, ensorte que chacun d'eux faisoit un angle de 15 ou 20 degrés avec la verge qui recevoit le magnétisme. Cette manière d'opérer présente un double avantage. 1°. Les centres d'action des pôles qui sont élevés d'une certaine quantité au-dessus de la surface de la verge, quand les barreaux ont une position verticale, se trouvent beaucoup plus près d'elle, ce qui rend leur action plus efficace 2°. L'intervalle entre les centres d'action étant considérablement augmenté en conséquence de l'angle très-ouvert que les barreaux font entre eux, cette circonstance, en reculant les limites qui resserroient l'effet des forces conspirantes, augmente leur activité.

La méthode d'Æpinus a sur celle de Michell des

des avantages qui lui méritent la préférence. Coulomb l'adopte avec empressement, et lui donne un nouveau degré de perfection et d'efficacité. Les barreaux conservent la même disposition, mais Coulomb les fait mouvoir différemment. Il les place sur le milieu de la verge qui doit recevoir la vertu magnétique, les tire ensuite en sens contraire l'un de l'autre, jusqu'à une petite distance de l'extrémité la plus voisine, et recommence ensuite en partant toujours du point du milieu.

§ VIII.

La boussole, cet instrument si utile au navigateur, lorsqu'emporté par un vaisseau, l'obscurité d'une nuit profonde dérobe les astres à ses regards, étoit digne d'exercer la sagacité de Coulomb. Il détermine, par une longue suite d'expériences suivies avec constance et exécutées avec précision, le rapport de longueur, de largeur et d'épaisseur, qui, toutes choses égales d'ailleurs, rend l'aiguille plus propre à recevoir la vertu magnétique (1). Il étudie quelle

(1) D'après ce rapport, l'aiguille doit avoir environ douze pouces de longueur, un pouce de largeur et une ligne d'épaisseur. Sa forme doit être celle d'un losange.

est la forme la plus convenable à l'aiguille; et, pour lui donner la plus grande mobilité, il la suspend par son centre à un fil de soie dont l'autre extrémité est attachée à un point fixe. Il est visible que cette suspension fait évanouir le frottement qu'éprouve nécessairement l'aiguille établie sur un pivot, et conséquemment, que ce procédé est le plus favorable à la mobilité de l'aiguille. Il est fâcheux qu'on ne puisse l'appliquer à la construction des boussoles marines.

§ IX.

Newton avoit mesuré la résistance que fait naître l'inertie des fluides. Il restoit à apprécier celle qu'ils opposent au mouvement en vertu de la force qui unit leurs molécules. Dans les mouvemens rapides, cette dernière résistance n'est pas comparable à celle qui provient de l'inertie; mais dans les mouvemens très-lents, c'est-à-dire lorsque le corps qui se meut dans un fluide sépare ses molécules sans leur communiquer une vitesse sensible, la résistance provenant de la collision des molécules du fluide, peut égaler ou même surpasser celle que fait naître l'inertie. Coulomb parvient à la déterminer. Il prouve, par une suite d'expériences délicates,

que cette résistance est proportionnelle à la vitesse, et conséquemment que la résistance des fluides dans les mouvemens lents est représentée par deux termes, l'un proportionnel à la simple vitesse, l'autre au carré de la vitesse (1).

Je ne finirois pas si je voulois suivre Coulomb dans le cours de ses longues et laborieuses recherches. Tantôt il mesure avec le secours de l'expérience, l'action journalière de l'homme, soit qu'il marche librement, soit qu'il soit chargé de poids dans différentes circonstances et dans différentes proportions Tantôt il cherche à déterminer la résistance qu'oppose le frottement des bois glissant à sec sur le bois, et la trouve proportionnelle à la pression. Ici, il estime le frottement des métaux glissant sur les métaux sans enduit. Là, il fait glisser l'un sur l'autre des corps hétérogènes, tels que le bois et les métaux, et apprécie avec exactitude la résistance que leur fait éprouver le frottement. Ailleurs enfin, Coulomb mesure (2) avec

(1) *Voyez* le troisième volume des Mémoires de l'Institut, pag. 246 et suiv.

(2) *Voyez* un Mémoire de Coulomb sur les Frottemens, dans le dixième volume des Savans Etrangers.

plus d'exactitude qu'Amontons et Désaguilliers la résistance que les cordes opposent en vertu de leur roideur, et la force qui tend à les plier sur un cylindre. Il fait plus : il détermine par des expériences faites avec soin, l'influence de l'humidité des cordes sur la grandeur de la résistance (1).

§ X.

Je trouve entre Coulomb et Franklin des rapports qui peuvent servir à apprécier leur influence respective sur les progrès de la Physique. Tous deux avoient une forte passion pour l'étude de la nature. Tous deux possédoient cette finesse de tact, ces ingénieuses adresses, et cette constance opiniâtre dont se compose le génie de la science. Ces belles qualités réunies dans le philosophe de Philadelphie et dans le Physicien français, devoient naturellement leur ouvrir la carrière des grandes découvertes. Celles de Franklin se concentrent dans le domaine de l'électricité. Celles de Coulomb se répandent avec une sorte de profusion sur le vaste empire de la science de la nature. Les découvertes électriques de Franklin sont peut-être plus utiles

(1) *Voyez* la note 56 du troisième livre.

à l'humanité. Les découvertes électriques de Coulomb sont sans doute plus utiles à la science. Franklin a fait faire un pas à l'électricité. Coulomb découvrant les lois qui la maîtrisent, l'a conduite à son terme de perfection. Tous les phénomènes de ce genre dont la future destinée des sciences nous réserve la connoissance, obéiront aux mêmes lois.

NOTES DU TROISIÈME LIVRE,

Qui renferment des explications, des discussions et des détails.

NOTE PREMIÈRE.

La distance moyenne de la lune à la terre es de 60 rayons terrestres. La circonférence de l'équateur terrestre est de 123249600 pieds; et conséquemment l'orbe lunaire soixante fois plus grand est de 7394976000 pieds : le diamètre de cet orbe est donc de 2352492363 pieds. Mais la lune fait sa révolution en 39343 minutes; divisant par ce nombre l'orbe entier de la lune, le quotient 187964 pieds, sera l'arc que la lune parcourt dans une minute. Carrant cet arc qui peut se confondre avec sa corde, et être regardé comme insensible, n'étant que la quarante millième partie ou environ de l'orbe entier, et divisant ce carré par le diamètre de l'orbe de la lune, le quotient 15 pieds qui en provient, exprime le sinus-verse de cet arc ou la gravité de la lune.

NOTE II.

Il importe de remarquer que ce n'est point réellement autour du soleil que la terre se meut; son mouvement s'effectue autour du centre de gravité de tous les corps célestes. Ce centre est le point d'appui de l'univers. C'est là que réside le repos que les anciens accordoient à la terre.

NOTE III.

Il est visible que dans des sphères ou dans des sphéroïdes qui en diffèrent très-peu, l'attraction des molécules les plus distantes du point attiré, et celle des molécules les plus voisines se compensent de manière que l'attraction totale est la même que si les molécules étoient réunies à leur centre de gravité.

NOTE IV.

Newton a déduit *à priori* la vitesse du son par une méthode ingénieuse et exacte que quelques lecteurs seront bien aises de connoître.

On sait que pour former les ondes nécessaires à la propagation du son, chaque molécule d'air doit être mue en avant et en arrière, en tournant, pour ainsi dire, dans un espace très-étroit. Newton va plus loin : il démontre que ce mouvement en avant et en arrière n'est

pas uniforme, mais accéléré et retardé par degrés, et précisément le même que celui d'un pendule. Il conçoit ensuite l'atmosphère réduite partout à une densité uniforme et semblable à celle de l'air voisin de la surface de la terre. Il détermine la hauteur de l'atmosphère ainsi réduite. Il imagine ensuite un pendule aussi long que cette hauteur, et calcule dans quelle proportion de temps les molécules aériennes et ce pendule acheveront leurs vibrations respectives : en comparant les espaces et les vitesses avec lesquelles ils sont parcourus, il trouve que le temps des vibrations des molécules d'air est à celui des vibrations du pendule, comme la distance des ondes entre elles, ou comme l'intervalle des vibrations est à la circonférence d'un cercle, dont le demi-diamètre seroit la longueur du pendule ou la hauteur de l'atmosphère réduite ; or, les ondes en allant en avant décrivent un espace égal à leur intervalle, dans le temps que chaque molécule d'air fait sa vibration : donc le temps dans lequel les ondes parcourent un de leurs intervalles est au temps dans lequel le pendule fait une de ses vibrations en allant et en venant, comme l'intervalle entre les ondes est à la circonférence que nous venons de déterminer.

Newton conclut de là que la vitesse de ces ondes de l'air, ou, ce qui est la même chose, que la vitesse du son est telle qu'il pourroit parcourir un espace égal à la circonférence d'un cercle dont le demi-diamètre seroit la hauteur de l'atmosphère réduite, dans le temps qu'un pendule de la même longueur que ce demi-diamètre, feroit une de ses oscillations; ou que la vitesse du son seroit égale à celle qu'acquerroit un corps pesant en tombant de la moitié de la hauteur de l'atmosphère réduite. D'après ces données, Newton parvint, à l'aide du calcul, à déterminer que le son doit parcourir 1142 pieds par seconde.

Ceux qui ont observé la vitesse du son ne se sont pas souvent accordés dans leurs mesures; et cette différence doit être principalement attribuée à l'imperfection des méthodes employées, ou bien aux distances choisies trop petites pour faire les expériences.

Suivant Gassendi, le son parcourt 1473 pieds dans une seconde. D'après une détermination plus exacte faite à l'aide du bruit du canon, par les Académiciens de Florence, la vitesse du son est de 1185 pieds. Cassini, Huyghens, Picard, etc., qui répétèrent en France les mêmes expériences, donnèrent au son une vitesse de

1172 pieds de Paris en une seconde. Halley et Flamsteed ne trouvèrent en Angleterre que 1142 pieds d'Angleterre, ce qui revient à 1170 pieds de Paris.

NOTE V.

Newton a, le premier, suspendu dans le vide divers corps, tels qu'un morceau d'or, une barbe de plume et un petit flocon de laine, qui tombèrent tous avec une égale vîtesse. Le récipient qui renfermoit ces corps avoit dix pieds de hauteur (1).

NOTE VI.

Si l'on observe avec soin les phénomènes, on ne peut s'empêcher de reconnoître que les corps agissent sur la lumière, tantôt en la repoussant, tantôt en l'attirant. Mais il n'est pas aussi aisé de comprendre comment les attractions et répulsions ne sont que deux manières différentes dont la même puissance agit suivant les circonstances; et lorsque Newton essaie de l'établir en disant que, comme dans l'Algèbre, les quantités négatives commencent où finissent les positives, ainsi dans la mécanique, la répulsion a lieu au moment où l'attraction cesse.

(1) Princ. philosop., pag. 481.

J'avoue que cette raison me paroît peu propre à satisfaire un physicien.

NOTE VII.

Je nomme *rayons rouges*, dit Newton (1), ceux qui paroissent rouges, ou plutôt qui font paroître les objets sous cette couleur; et ceux qui nous font paroître les objets jaunes, verts, bleus ou violets, je les appelle *rayons jaunes, verts, etc.*, et s'il m'arrive quelquefois de parler de la lumière et des rayons qui la composent, comme s'ils étoient colorés, c'est pour me conformer au langage vulgaire; à parler exactement, les rayons ne sont point colorés, et il ne se trouve en eux qu'un certain pouvoir, qu'une disposition particulière propre à exciter une sensation de telle ou telle couleur. Car, de même que dans le corps sonore le son ne consiste que dans un mouvement de vibration; que dans l'air il n'est que ce même mouvement transmis depuis l'objet; qu'enfin dans le sensorium, c'est le sentiment de ce mouvement, sous la forme de son; de même les couleurs ne consistent dans les objets que dans une disposition à réfléchir telle ou telle espèce de

(1) Newt. Opt., pag. 139 et 140.

rayons plus abondamment que toute autre ; et dans les rayons, qu'en une disposition à transmettre tel ou tel mouvement jusque dans le sensorium où se font les sensations de ces mouvemens, connues sous le nom de *couleurs*.

NOTE VIII.

Pour expliquer comment certains rayons sont transmis, tandis que d'autres sont réfléchis par une épaisseur d'une lame déterminée, Newton suppose qu'il en est des rayons de la lumière à l'égard des différens corps naturels, comme des corps sonores à l'égard de l'air; c'est-à-dire, que les rayons excitent dans les molécules des corps qui les réfractent ou les réfléchissent, certaines vibrations qui se propagent d'une surface à l'autre, mais de manière que leur vîtesse est plus grande que celle des rayons eux-mêmes, ensorte qu'elles prennent pour ainsi dire les devans. Or comme ces vibrations consistent dans de petits mouvemens qui s'effectuent alternativement en sens contraire, si au moment où le rayon arrive près du contact de la surface réfléchissante ou réfringente, le mouvement de vibration dans lequel il se trouve conspire avec celui du corps, le rayon sera transmis; et si ce mouvement est opposé à celui du corps,

le rayon sera repoussé et réfléchi. Or, telle est la manière dont les mouvemens se combinent, que le rayon est tour à tour dans la circonstance qui détermine la réflexion et dans celle d'où naît la réfraction. Au reste, Newton ne propose cette idée que comme une conjecture en faveur de ceux qui aiment à se satisfaire, en imaginant une cause physique aux faits donnés par l'observation et l'expérience.

NOTE IX.

Lorsque nous touchons des corps solides; lorsque nous voulons les comprimer, nous éprouvons une résistance qui nous garantit leur impénétrabilité. Celle des liquides ne se manifeste pas d'une manière aussi sensible; la grande mobilité de leurs molécules, l'extrême facilité qu'elles ont à céder sans effort à la plus légère pression, peut faire naître des doutes sur leur impénétrabilité. Celle des fluides aériformes doit paroître plus équivoque. L'air atmosphérique nous touche sans cesse; il nous touche partout également. L'habitude nous a rendu son contact si familier, que nous avons besoin de réflexion pour reconnoître l'impression qu'il fait sur nous. Il a fallu recourir à l'expérience pour rendre sensible son impénétrabilité, elle

repose aujourd'hui sur des preuves démonstratives ; et la force de l'analogie a conduit à conclure que tous les corps soit gazeux, soit liquides, partagent cette propriété.

Cette conclusion est rigoureuse ; mais elle ne peut s'étendre jusqu'au fluide lumineux : pour prouver son impénétrabilité, on a dit qu'une lumière trop forte blesse l'organe de la vision ; que nos yeux ne peuvent se fixer sur des corps qui répandent une clarté éblouissante ; que le fluide lumineux se réfléchit à la rencontre des miroirs ; qu'il se réfracte dans le diamant et les autres corps transparens ; enfin, qu'il se divise au travers de l'angle d'un prisme en rayons de diverses couleurs : pour si peu qu'on réfléchisse sur ce que nous avons vu relativement à la cause de la réfraction et de la réflexion de la lumière, il est aisé de sentir que toutes ces belles propriétés de la lumière ne prouvent absolument rien en faveur de l'impénétrabilité de ce fluide.

NOTE X.

Huyghens s'est occupé du phénomène de la double réfraction de la lumière ; il a même essayé de l'expliquer. Mais l'explication qu'il en donne est fondée sur une supposition purement gratuite : savoir, qu'il existe dans le

cristal d'Islande deux milieux qui sont mis en vibration.

Newton soupçonne que le phénomène de la double réfraction de la lumière est produit par une sorte de force attractive dont jouissent certains côtés des rayons et certains côtés de la pierre. Si cela n'étoit pas, il ne pourroit se faire que les rayons tombant perpendiculairement sur le cristal, se réfractent plutôt d'un côté que de l'autre, soit en entrant, soit en sortant, de manière qu'ils sortissent encore perpendiculaires(1).

NOTE XI.

On appelle *Cloche du plongeur*, une grande cloche garnie de poids qui la sollicitent à descendre verticalement à une certaine profondeur. L'air étant compressible, quoique impénétrable, l'eau monte dans la cloche, sans jamais atteindre le plongeur qui repose sur une traverse située dans son intérieur. Mais l'air contenu dans la cloche acquiert par l'ascension de l'eau une densité funeste; et par la respiration du plongeur, un méphitisme, qui ont décidé la proscription de la machine.

Halley s'occupant de corriger ces défauts, a trouvé le moyen de renouveler l'air, et d'em-

(1) Newton, Optic. quest. 17, pag. 306.

pêcher en même temps que l'eau n'entre dans la cloche, à quelque profondeur qu'on la fasse descendre.

Il fit construire une cloche de plongeur en bois, qui avoit 60 pieds cubiques de capacité; elle étoit revêtue en dehors d'une assez grande quantité de plomb, afin qu'elle pût s'enfoncer vide dans l'eau; et il mit au bas une plus grande masse de plomb pour déterminer sa chute verticale. Le haut de la cloche était garni d'un verre pour donner du jour à l'intérieur, et d'un robinet pour laisser sortir l'air à mesure qu'il devenait impropre à la respiration. A environ une toise au-dessous de la cloche étoit un plateau attaché à la cloche par trois cordes, et chargé d'un poids de cent livres pour le tenir dans une situation fixe.

L'air nécessaire à cette cloche, plongée dans l'eau, étoit fourni à la faveur de deux barils garnis de plomb, de manière qu'ils pouvoient descendre vides. Chacun de ces barils avoit à son fond un bondon, pour laisser entrer l'eau lorsqu'ils descendoient, et pour la laisser sortir lorsqu'on les avoit retirés. Au haut de ces barils étoit un autre orifice auquel étoit attaché un tuyau de cuir assez long pour pendre au-dessous du bondon, à l'aide d'un poids qu'on

y attache;

y attachoit; par ce moyen à mesure que l'eau entroit, l'air sollicité vers la partie supérieure du baril, ne pouvoit, lorsqu'on le faisoit descendre, s'échapper par le haut du tuyau, si l'extrémité qui pendoit n'étoit pas relevée.

Ces barils remplis d'air, étoient attachés à des cordages pour les faire monter et descendre alternativement comme deux seaux; de petites cordes attachées au bord de la cloche, servoient à les diriger dans la descente, de manière qu'ils se présentoient sous la main du plongeur qui se mettoit sur le plateau pour les recevoir, et qui relevoit les extrémités des tuyaux; alors l'air renfermé dans les barils s'élançoit avec impétuosité dans la cloche, et étoit remplacé par l'eau.

On retiroit le baril vide d'air; on en faisoit descendre un autre, et l'on renouveloit ainsi l'air avec tant d'abondance, que Halley fut lui-même un des cinq plongeurs qui descendirent dans l'eau jusqu'à la profondeur de dix-huit pieds, et qui y restèrent une heure et demie sans le moindre danger, l'intérieur de la cloche ayant toujours été parfaitement sec.

Halley ne prit d'autre précaution que celle de laisser descendre la cloche peu à peu et de

suite, jusqu'à la profondeur de douze pieds; il la fit arrêter ensuite, prit, avant de s'immerger davantage, de l'air pur dans quatre ou cinq barils, et fit sortir toute l'eau qui étoit entrée dans la cloche. Arrivé à la profondeur qu'il vouloit atteindre, il laissa sortir par le robinet dont le haut de la cloche étoit garni, l'air méphitisé par la respiration, qu'il remplaça par celui qui étoit renfermé dans les barils : quelque petite que fût cette ouverture, l'air s'en échappoit avec tant de violence, qu'il faisoit bouillonner la surface de la mer.

Tel est le moyen que Halley a employé avec succès pour rester au fond de l'eau sans être mouillé par le liquide, et sans perdre l'influence salutaire de l'air atmosphérique. Lorsque le temps est serein, l'intérieur de la cloche se trouve assez éclairé par le moyen de la petite fenêtre pratiquée à sa partie supérieure, pour qu'on puisse lire et écrire facilement. Si le temps est sombre et nébuleux, on peut tenir dans la cloche une bougie allumée. Il est arrivé à Halley d'envoyer des ordres tracés avec une plume de fer sur une plaque de plomb, pour demander qu'on le changeât de place. Halley assure qu'à la faveur d'un autre procédé, il a procuré au plongeur la liberté de sortir de la cloche, et de s'enéloigner à une assez grande distance, en

fournissant un courant d'air continuel par de petits tuyaux, qui ensuite lui servaient de guides pour le ramener vers la cloche.

Boyle parle d'un vaisseau propre à être conduit à la rame sous l'eau, qui avoit été imaginé par Drebbel, et d'une liqueur qui conservoit à l'air du vaisseau sa fraîcheur et sa salubrité.

Ce vaisseau a été construit par le roi Jacques Ier, il contenoit douze rameurs sans compter les passagers. L'essai en fut fait dans la Tamise, et un des navigateurs vivoit encore, lorsque Boyle en a écrit la relation.

NOTE XII.

Papin, médecin français, paroît être le premier qui ait connu en France l'extrême élasticité de la vapeur aqueuse. Il rendit ses effets sensibles pendant l'année 1698, en faisant construire son digesteur, c'est-à-dire un vase de métal très-épais, exactement fermé par un couvercle retenu par une forte vis. Papin renfermoit dans ce vase des os, des bois durs, de l'ivoire ; et après l'avoir rempli d'eau aux trois quarts de sa capacité, il l'exposoit à l'action d'une forte chaleur. L'eau entroit en ébullition ; et la vapeur trouvant dans les parois du vase mé-

tallique un obstacle qui s'opposoit victorieusement à sa libre expansion, exerçoit sur les corps durs contenus dans le vase, une activité suffisante pour les dissoudre.

NOTE XIII.

Avant la découverte de la pesanteur de l'air, les physiciens n'appercevant aucune liaison entre l'eau et le piston d'une pompe, ou bien entre les parties de l'air que l'on suce, et la liqueur qui s'élève dans un chalumeau, imaginèrent un *lien funiculaire* en vertu duquel l'eau étoit unie aux particules de l'air et à la bouche de ceux qui faisoient la succion. Les philosophes, qui alors se repaissoient de ces illusions, étoient peut-être excusables, si toutefois on peut l'être en prévenant les décisions de la nature. Mais lorsque Torricelli eut fait part de ses vues ; que Pascal les eut développées et établies, quelle raison avoit-on de tenir à ces idées chimériques? celle du préjugé : on combattit pour des explications vagues et hasardées avec plus d'acharnement que l'on n'auroit soutenu des faits intéressans et constatés par des expériences rigoureuses. Boyle composa un traité pour détruire les faux raisonnemens sur lesquels on fondoit ces explications. Il les combattit en faisant voir que la seule pression de l'air suffit

pour élever l'eau dans les corps des pompes; il ajouta qu'il peut y avoir du vide sans que la liqueur monte, lorsqu'on élève le piston et qu'on interpose un corps qui l'empêche d'obéir à la pression de l'atmosphère, comme lorsqu'on fait le vide dans la machine pneumatique. Mais si l'on vient à ouvrir une issue, la liqueur s'élance ensuite dans le vide, sans qu'il soit nécessaire que les particules de l'air crochues, etc., fassent l'effet d'un *lien funiculaire*, pour entraîner cette liqueur ou pour l'élever. En examinant les phénomènes que présentent les hémisphères de Magdebourg, Hauksbée établit de même la pression de l'atmosphère, et attaqua fortement tous ceux qui soutenoient encore de son temps le *lien funiculaire*.

NOTE XIV.

Tableau dressé par Hauksbée, des pesanteurs spécifiques de diverses substances métalliques, celle de l'eau étant prise pour unité.

Or	17, 5
Argent	10,421
Cuivre rouge	8,841
Cuivre jaune	7, 81
Plomb	11, 35
Fer	7,777

NOTE XV.

L'expérience intéressante que nous avons décrité, conduisit Hauksbée au résultat suivant.

L'expansion de l'air depuis le terme de la glace jusqu'au plus haut degré de chaleur dans le climat d'Angleterre, est dans le rapport de 6 à 7; et depuis le plus grand froid jusqu'au plus grand chaud, dans le rapport de 7 à 8; suivant les mêmes expériences, les rapports de la plus grande, de la moyenne et de la plus petite dilatation de l'air dans ces contrées, sont exprimées par les nombres 32, 30, 28.

NOTE XVI.

Voici le motif sur lequel est fondée l'absurdité apparente du résultat de cette expérience. Le corps sur lequel on doit voir la figure, doit être, par l'hypothèse, opaque, et l'objet doit être situé au côté opposé à celui que l'on voit. Or, si la lumière passe à travers ce corps, alors il cesse d'être opaque, ce qui est contraire à l'hypothèse; et si la lumière n'est pas transmise, on ne peut voir la figure, puisque toutes les distributions de lumière, par des instrumens d'optique, sont exclues par la première supposition.

NOTE XVII.

Hauksbée fournit à Newton plusieurs expériences délicates qui appuyèrent les pensées de ce grand homme. Il les rapporte avec un certain détail, dans le troisième livre de son Optique, et fait voir avec quelle justesse l'attraction donnoit le dénouement de la marche d'une goutte d'huile entre deux plans de verre, ou de l'ascension de l'eau entre les interstices serrés des cendres, etc.

NOTE XVIII.

Taylor et Hauksbée placèrent un gros aimant de forme irrégulière, de manière que ses deux pôles étoient dans le plan de l'horizon, et dans une ligne perpendiculaire à celle qui marquoit la situation naturelle d'une aiguille aimantée. Par le moyen d'un petit support mobile, on approchoit ou on éloignoit l'aimant, ensorte que ses pôles étoient invariablement fixés dans la même situation; et le centre de l'aiguille étoit aussi dans une même ligne avec les pôles de l'aimant. Le pôle nord étoit tourné vers l'aiguille. Ils mesurèrent les distances depuis le centre de l'aiguille jusqu'à l'extrémité la plus avancée de l'aimant; et ils comptèrent les dé-

clinaisons de l'aiguille, de la ligne de sa situation naturelle. Ils les trouvèrent telles que le tableau suivant les représente.

Distance en pieds.	Variations.
1	81.45
2	58.00
3	30.00
4	16.00
5	9.20
6	5.35
7	3.30
8	2.20
9	1.35

NOTE XIX.

La théorie des cordes vibrantes fait voir pourquoi, dansles instrumens de musique, la partie sonore est toujours disposée de manière qu'on peut en changer facilement les dimensions ou le degré de tension. Les chanterelles d'une vielle montées à l'unisson, figurent les airs, parce que les touches que l'on pousse les accourcissent plus ou moins pour former les tons. Au violon, à la basse, etc., ce sont les doigts qui tiennent lieu des touches, en serrant les cordes sur les divisions du manche. Au clavecin,

où chaque corde est fixée à un seul ton, l'étendue du jeu vient d'un grand nombre de cordes, ainsi que de leur longueur et grosseur différentes. Il en est de même dans les instrumens à vent. Une flûte renferme une colonne d'air, qui est le corps sonore, et la longueur de cette colonne d'air varie suivant le nombre de trous que l'on débouche ou que l'on tient fermés, puisque chacun de ces trous faisant communiquer l'air extérieur avec celui du tuyau, empêche que ce dernier ne reçoive, dans toute son étendue, les vibrations qui viennent de l'embouchure. Le jeu des doigts n'entre pour rien dans le cor de chasse et la trompette, la différence des tons dépend uniquement de la manière d'augmenter ou de diminuer l'ouverture des lèvres, suivant qu'on veut produire un son plus grave ou plus aigu.

NOTE XX.

Le télégraphe consiste à disposer dans plusieurs postes consécutifs, des hommes qui ayant apperçu avec le secours des lunettes, certains signaux du poste précédent, les transmettent au suivant, et toujours ainsi de suite; cette invention, qui avoit l'apparence d'une chimère, fut exécutée, dans une petite étendue de pays,

une fois en présence de Monseigneur ; et une autre, en présence de Madame.

NOTE XXI.

Si l'on a une corde tendue et que l'on fasse glisser l'archet sur une partie quelconque de la corde, elle vibre dans toute sa longueur ; mais si l'on met un obstacle léger au milieu de la corde, ce point ne vibre plus, et la corde se partage pour ainsi dire en deux moitiés dont chacune vibre séparément. Si l'obstacle est situé à un autre point quelconque de la corde, non-seulement le point de la corde où se trouve l'obstacle reste immobile, mais encore toutes les parties aliquotes de la corde. Ainsi si l'on place l'obstacle au tiers de la longueur de la corde, il y a trois points immobiles. Il y en a quatre, cinq, etc., si l'obstacle se trouve au quart ou au cinquième de la corde.

Sauveur appelle ces vibrations partielles et séparées, *ondulations;* leurs points immobiles, *nœuds* ; et le point du milieu de chaque vibration, *ventre* de l'ondulation.

Cette propriété des cordes sonores avoit été apperçue et même indiquée par Wallis ; mais elle étoit entièrement oubliée, lorsqu'elle s'offrit aux observations de Sauveur, qu'on regarde

comme l'auteur de la découverte. Pour rendre cette propriété sensible, Sauveur mettoit sur les points de la corde où doivent se former les nœuds et les ventres des ondulations, de très-petits morceaux de papier à demi pliés qui tomboient sans peine au moindre mouvement. Il pinçoit la corde, et l'on voyoit que les petits papiers des ventres tomboient aussitôt, tandis que ceux des nœuds demeuroient en place.

Tous les corps sonores partagent cette propriété. En 1784, Chladni a fait des expériences curieuses qui me paroissent propres à appuyer cette assertion.

On prend par son milieu, entre le pouce et l'index, un plateau de verre homogène, auquel on a donné une forme régulière quelconque, et sur la surface supérieure duquel on a répandu du sable très-fin; on fait glisser un archet de violon sur le bord, et l'on voit aussitôt un mouvement de vibration s'exciter autour de certains points qui reçoivent tout le sable, auparavant disséminé sur la surface; de manière à former une figure régulière d'autant plus composée que le ton est plus haut. Si l'on tient le plateau d'une autre manière, ou qu'on fasse glisser l'archet sur un autre point, la figure change avec le son.

Cette expérience prouve que le mouvement

de toutes les molécules d'un corps élastique n'est point nécessaire pour la production du son. Dans le cas dont il s'agit, plusieurs parties du verre restent parfaitement immobiles, et les autres font leurs oscillations autour de ces points, de manière qu'elles se meuvent dans les deux sens.

NOTE XXII.

Suivant Amontons, la résistance des cordes est proportionnelle aux poids et à leurs diamètres. Elle augmente lorsque le diamètre du cylindre augmente; mais dans les rapports 6, 5, 4, 3 pour des cylindres de 1, 2, 3, 4.

Désaguilliers est parvenu par une méthode plus exacte aux résultats suivans :

La résistance des cordes est proportionnelle aux poids, proportionnelle à leur diamètre, et réciproque aux diamètres des cylindres.

NOTE XXIII.

Désaguilliers et Muschembroek repétèrent avec soin l'expérience de Leibtniz, et ils remarquèrent qu'au moment qu'on coupoit le fil où étoient attachés les deux corps de pesanteur inégale, l'équilibre étoit rompu en faveur du poids, mais que bientôt après l'équilibre se ré-

tablissoit : ce qui annonce que quelque circonstance accidentelle avoit déterminé sa rupture.

Le corps étranger qui est dans le liquide jouit de la pesanteur, soit qu'il soit soutenu, soit qu'il soit abandonné à lui-même ; et il est visible qu'il ne peut peser sur un autre fond que sur celui qui porte le liquide entier. Ce fond ne cesse de porter le corps étranger parce qu'il tombe, et ce corps même en tombant fait toujours partie du liquide quant à l'effet de la pesanteur. S'il en étoit autrement, lorsqu'il se fait une précipitation chimique, le total de la matière peseroit moins : ce qui est contraire à l'observation.

NOTE XXV.

Hales pense que l'air est susceptible de s'unir avec d'autres corps, en perdant son élasticité qu'il recouvre lorsqu'il est dégagé de ces corps par le feu ou par la fermentation (1).

NOTE XXVI.

La Machine que Muschembroek a fait servir à déterminer le frottement réciproque des métaux, et à laquelle il a donné le nom de *tribomètre*, se compose principalement d'un essieu

(1) Hales, Statique des végétaux.

d'acier bien raffiné, dont les deux extrémités qui sont les plus minces, ont un diamètre d'un quart de pouce. Les deux autres parties sont plus épaisses, et leur diamètre est d'environ un demi-pouce. Muschembroek le fit construire de cette manière pour savoir s'il y a de la différence entre le frottement qui se fait sur un essieu mince, et celui qui a lieu sur un essieu épais. Cet essieu est parfaitement rond et bien poli. Il passe par un disque de bois de quatre pouces de diamètre. Cet appareil, qui pèse environ trois livres, est posé sur un châssis monté sur quatre pieds. Il y a sur ce châssis deux règles qu'on rapproche ou éloigne à volonté, lorsqu'on veut faire mouvoir le disque sur la partie la plus mince de l'essieu, ou sur celle qui est la plus épaisse. Ces deux règles ont dans leur milieu des bassinets métalliques dans lesquels on met les essieux. Chaque bassinet a deux cavités, dont l'une est plus large que l'autre, pour la partie de l'essieu la plus épaisse et pour la partie la plus mince. Les bassinets ou cavités sont parfaitement ronds et polis en dedans, de manière que l'essieu peut se mouvoir avec la plus grande facilité. Muschembroek a employé dans ses nombreuses expériences des bassinets d'acier raffiné, de cuivre rouge, de cuivre jaune, de

plomb, d'étain et de gayac. Pour faire tourner l'essieu dans son bassinet, Muschembroek employoit une corde très-mince dont l'un des bouts étoit attaché au disque de bois, tandis que l'autre bout portoit un bassin destiné à recevoir de petits poids, jusqu'à ce que le disque commençât à tourner sur son essieu : avec cette ingénieuse machine, Muschembroek à fait un grand nombre d'intéressantes expériences dont l'on trouvera une ample description dans son Essai de Physique, tome 1, chap. 9, pag. 178.

NOTE XXVII.

Le *pyromètre* imaginé par Muschembroeck, est principalement composé d'une lampe à alcool garnie de plusieurs mèches, et d'une boîte cylindrique contenant plusieurs leviers correspondans entr'eux, qui communiquent le mouvement par le moyen d'une roue dentée, à une aiguille décrivant sur un cadran horizontal la circonférence d'un cercle divisée en deux cents parties égales. On fixe successivement des cylindres de différens métaux, égaux en longueur et en grosseur, au-dessus des mèches allumées, de manière que, l'un des bouts étant arrêté par des vis de pression, l'autre extrémité s'appuie contre la partie de l'instrument qui commu-

nique le mouvement aux leviers, et par suite à l'aiguille. Comme le moindre alongement la fait mouvoir de manière à lui faire décrire la circonférence entière pour chaque dilatation d'un quart de ligne, les plus petits degrés de dilatation deviennent appréciables à l'aide de cet instrument.

Dans certains pyromètres on place la barre métallique après avoir observé la température à laquelle elle a été élevée ; et comme une des extrémités repose sur un point mobile qui est pressé par un ressort, ce dernier, en se détendant à mesure que le refroidissement raccourcit la base, fait mouvoir une aiguille qui indique les degrés de raccourcissement.

Muschembroek a fait, à l'aide de son pyromètre, de nombreuses expériences sur les métaux. Le tableau suivant en renferme les résultats.

TABLEAU.

TABLEAU des dilatations qu'éprouvent des cylindres métalliques d'environ 5 pouces de longueur, exposés à l'action d'une flamme d'alcool de $\frac{23}{100}$ d'un pouce de diamètre.

	Fer battu.	Acier.	Cuivre rouge.	Cuivre jaune.	Argent.	Etain.	Plomb.
Avec une flamme au milieu.	80	85	89	110	78	153	155
Avec deux flammes au milieu	117	123	155	220	115		274
Avec trois flammes.	142	168	193	275	155		
Avec quatre flammes.	211	270	270	362	260		
Avec cinq flammes.	230	310	310	377	305		

NOTE XXVIII.

Duhamel imita les barreaux magnétiques de Knight, en partant de deux faits déjà connus :

savoir, 1° que quand on aimante une lame de fer ou d'acier, le bout qui est touché le dernier a toujours plus de vertu que l'autre ; 2° que quand on aimante une petite lame sur une plus grande qui lui sert de support, elle prend par ce moyen plus de vertu qu'elle n'en recevroit si elle étoit seule. D'après ces principes, Duhamel commença par toucher avec un aimant naturel de petits barreaux d'acier trempé, posés au bout, et sur une barre beaucoup plus grande qui avoit déjà touché à l'aimant ; il les mit ensuite entre deux barres magnétiques, ayant soin de rendre les pôles contraires contigus les uns aux autres ; et par ce procédé il parvint à aimanter les petits barreaux aussi fortement que ceux de Knight, qui avoient été envoyés d'Angleterre.

Michell et Canton en Angleterre, et Antheaume à Paris, obtinrent des résultats semblables par des méthodes différentes.

Le premier donna un commencement de magnétisme à un petit barreau d'acier qu'il plaça bout à bout entre deux barres de fer, sur une table un peu inclinée au nord, de manière que ces trois corps contigus fussent alignés dans le plan du méridien magnétique, et en traînant dessus et à plusieurs reprises,

dans la direction du nord au sud, le bout d'une troisième barre de fer élevée presque verticalement.

Canton obtint un effet semblable en attachant le petit barreau d'acier contre la partie supérieure d'un fourgon de fer, et en traînant dessus de bas en haut, à plusieurs reprises, le bout inférieur d'une de ces pincettes qui servent communément à attiser le feu.

Enfin Antheaume employa au même objet la méthode suivante qu'il a consignée dans un Mémoire sur les Aimans artificiels, qui remporta le prix de l'Académie de Pétersbourg en 1760.

« Sur une planche, dit-il, inclinée dans la direction du courant magnétique, c'est-à-dire, pour Paris, inclinée à l'horizon de 70 degrés, du côté du nord, je place de file deux barres de fer carrées, de 4 à 5 pieds de longueur sur 14 à 15 lignes d'épaisseur, limées carrément par leurs extrémités intérieures, ou qui se regardent, entre lesquelles je laisse un intervalle de six lignes d'épaisseur, 14 à 15 lignes de largeur et une ligne de plus de hauteur, dont le côté qui doit être appliqué à la barre est limé et entièrement plat; trois des bords de l'autre face sont taillés en biseau; le quatrième, qui doit excéder d'une ligne l'épaisseur de la

barre, est limé carrément pour former une espèce de talon. Pour remplir le reste de l'intervalle, je mets entre ces deux armures une petite languette de bois de deux lignes d'épaisseur. Tout étant ainsi disposé, et placé, comme je l'ai dit, dans la direction du courant magnétique, je glisse sur ces deux talons à la fois, suivant la longueur des barres de fer, la barre d'acier que je veux aimanter, la faisant aller et venir lentement d'un de ses bouts à l'autre, comme on feroit si l'on aimantoit sur les deux talons d'une pierre d'aimant.

» J'ai été surpris moi-même, ajoute Antheaume, de voir que j'aimantois ainsi tout d'un coup, non-seulement de petites barres comme celles de Michell et de Canton, mais de grosses barres d'acier qu'on n'obtiendroit jamais par leurs méthodes. L'expérience m'a fait connoître depuis, que cette opération produit des effets encore plus surprenans; en employant des barres de fer de dix pieds de longueur chacune, la force magnétique que reçoit pour lors la barre d'acier, égale celle qu'elle recevroit d'un très-bon aimant, etc. »

NOTE XXIX.

La question de savoir si les planètes sont des mondes, c'est-à-dire, si elles sont habitées comme la terre, est une question très-ancienne. Philolaüs enseignoit que ces astres sont autant de mondes. Epicure et Lucrèce, Leucippe et Démocrite partageoient cette opinion. Hérodote prétendoit qu'il étoit aussi absurde de ne mettre qu'un seul monde dans le vide de l'infini, que de dire qu'il ne pouvoit croître qu'un seul épi de blé dans une vaste campagne.

Fontenelle a traité cette question dans ses Entretiens sur la pluralité des mondes. Il prétend que chaque planète, depuis la lune jusqu'à Saturne, est un monde habité comme la terre; et la raison qu'il en donne, est que les planètes sont des corps semblables à la terre, des corps opaques, denses, pesans, éclairés et échauffés par le soleil, ayant leur nuit et leur jour, leur été et leur hiver; que la terre elle-même est une planète, et que conséquemment, puisque cette dernière est habitée, les autres doivent l'être aussi. Cependant les habitans de la terre diffèrent beaucoup, suivant Fontenelle, de ceux qui habitent les autres planètes. « Quelle différence, dit-il, de notre figure, de nos ma-

nières, etc., à celle des Américains ou des Africains! Nous habitons pourtant le même vaisseau dont ils tiennent la proue et nous la poupe; combien ne doit-il pas y avoir de différence de nous aux habitans des autres planètes, c'est à-dire, de ces autres vaisseaux qui flottent loin de nous dans les cieux? »

A ces preuves d'analogie qui semblent déposer en faveur de l'opinion de la pluralité des mondes, on oppose des difficultés qu'il n'est point facile de résoudre. 1°. On doute si plusieurs planètes ont une atmosphère, et il est certain, d'après les observations de Schroeter, que l'atmosphère de la lune est beaucoup plus rare que celle de la terre 2°. On remarque dans Jupiter des changemens de figure et de grandes altérations sur sa surface. 3°. Les comètes sont certainement des planètes; leurs habitans, s'il y en avoit, éprouveroient les extrêmes de chaleur et de froid, auxquels il paroît difficile que des êtres animés puissent résister. Ces raisons, et plusieurs autres que je passe sous silence, rendent au moins problématique la question de la pluralité des mondes.

Wolf supposant que les planètes sont habitées, veut prouver que les habitans de Jupiter doivent avoir une taille gigantesque. « On en-

seigne, dit-il, dans l'optique, que la prunelle de l'œil est dilatée par une lumière foible, et rétrécie par une lumière forte : donc la lumière du soleil étant beaucoup moins grande pour les habitans de Jupiter que pour nous, parce que Jupiter est plus éloigné du soleil, il s'ensuit que les habitans de cette planète ont la prunelle beaucoup plus large et beaucoup plus dilatée que la nôtre. Or on observe que la prunelle a une proportion constante avec le globe de l'œil, et l'œil avec le reste du corps ; de sorte que dans les animaux, plus la prunelle est grande, plus l'œil est gros et plus aussi le corps est grand.

» Pour déterminer la grandeur des habitans de Jupiter, on peut remarquer que la distance de Jupiter au soleil est à la distance de la terre au soleil, comme 26 : à 5 ; et que par conséquent la lumière du soleil, par rapport à Jupiter, est à sa lumière, par rapport à la terre, en raison doublée de 5 à 26 ; or on trouve, par l'expérience, que la prunelle se dilate en plus grand rapport, que l'intensité de la lumière ne croît : autrement un corps placé à une grande distance, paroîtroit aussi nettement qu'un autre plus près. Ainsi le diamètre de la prunelle des habitans de Jupiter est au diamètre de la nôtre,

en plus grande raison que celle de 2 à 56. Supposons-le de 10 à 26 ou de 5 à 13 ; comme la la hauteur ordinaire des habitans de la terre est de cinq pieds quatre pouces environ, on en conclut que la hauteur commune des habitans de Jupiter doit être de 14 pieds $\frac{2}{3}$. »

Pour sentir toute la frivolité de ces raisonnemens, il suffit de réfléchir que quoique la lumière soit plus foible dans Jupiter que sur la terre, les habitans de Jupiter peuvent être d'une telle nature, que cette lumière soit aussi forte pour eux que la nôtre l'est pour nous. Il suffit pour cela qu'ils aient l'organe plus sensible : d'ailleurs, est-il vrai que la grandeur des corps soit proportionnée au diamètre de la prunelle ? les chats n'ont-ils pas la prunelle beaucoup plus grande que nous ? et les cochons ne l'ont-ils pas beaucoup plus petite que les chats ?

Buffon calcule les époques où chaque planète a pu être habitée, et cessera de l'être par le refroidissement.

En supposant que les planètes aient été formées à la fois et embrâsées dans le principe, Buffon trouve, par les expériences qu'il a faites sur le refroidissement des corps, qu'il a fallu 75 mille ans à la terre pour se refroidir au degré de sa température actuelle, et que dans 93 mille ans,

sa chaleur étant réduite à un vingt-cinquième de cette température, elle éprouvera un froid mortel qui devra faire cesser toute organisation et toute végétation. A l'égard de Jupiter, il ne sera habitable que dans 34 mille ans d'ici; il est encore trop chaud, tandis que la lune est déjà devenue inhabitable par le froid depuis deux mille ans.

NOTE XXX.

L'atmosphère ne peut s'étendre à l'équateur que jusqu'au point où la force centrifuge balance exactement la force centrale; car au-delà de cette limite, le fluide doit se dissiper. Relativement au soleil, ce point est éloigné de son centre, du rayon de l'orbe d'une planète qui feroit sa révolution dans un temps égal à celui de la rotation du soleil. L'atmosphère solaire ne s'étend donc pas jusqu'à Mercure; et conséquemment, elle ne produit point la lumière zodiacale qui paroît s'étendre au-delà même de l'orbite de la terre.

NOTE XXXI.

Voici les observations que Buffon dit avoir faites sur les ombres des corps, qui devant être noires par leur essence, puisqu'elles ne

sont que la privation de la lumière, sont toujours colorées au lever et au coucher du soleil.

« Au mois de juillet 1743, comme j'étois occupé de mes couleurs accidentelles, et que je cherchois à voir le soleil, dont l'œil soutient mieux la lumière à son coucher qu'à toute heure du jour, pour reconnoître ensuite les couleurs et les changemens de couleurs, causés par cette impression, je remarquai que les ombres des arbres qui tomboient sur une muraille blanche étoient vertes; j'étois dans un lieu élevé, et le soleil se couchoit dans une gorge de montagnes, ensorte qu'il me paroissoit fort abaissé au-dessous de mon horizon : le ciel étoit serein, à l'exception du couchant, qui, quoique exempt de nuages, étoit chargé d'un rideau transparent de vapeurs d'un jaune rougeâtre : le soleil lui-même étoit fort rouge, et sa grandeur apparente au moins quadruple de ce qu'elle est à midi : je vis donc très-distinctement les ombres des arbres qui étoient à vingt ou trente pieds de la muraille blanche, colorées d'un verd tendre tirant un peu sur le bleu; l'ombre d'un treillage qui étoit à trois pieds de la muraille, étoit parfaitement dessinée sur cette muraille, comme si on l'avoit nouvelle-

ment peinte en verd-de-gris. Cette apparence dura près de cinq minutes, après quoi la couleur s'affoiblit avec la lumière du soleil, et ne disparut entièrement qu'avec les ombres. Le lendemain, au lever du soleil, j'allai regarder d'autres ombres sur une autre muraille; mais au lieu de les trouver vertes comme je m'y attendois, je les trouvai bleues, ou plutôt de la couleur de l'indigo le plus vif : le ciel étoit serein, et il n'y avoit qu'un petit rideau de vapeurs jaunâtres au levant : le soleil se levoit sur une colline, ensorte qu'il me paroissoit élevé au-dessus de mon horizon; les ombres bleues ne durèrent que trois minutes, après quoi elles me parurent noires : le même jour je revis au coucher du soleil les ombres vertes, comme je les avois vues la veille. Six jours se passèrent ensuite sans pouvoir observer les ombres au coucher du soleil, parce qu'il étoit toujours couvert de nuages : le septième jour, je vis le soleil à son coucher; les ombres n'étoient plus vertes, mais d'un beau bleu d'azur; je remarquai que lès vapeurs n'étoient pas fort abondantes, et que le soleil ayant avance pendant sept jours, se couchoit derrière un rocher qui le faisoit disparoître avant qu'il pût s'abaisser au-dessous de mon horizon. Depuis ce temps, j'ai très-souvent

observé les ombres, soit au lever, soit au coucher du soleil; et je ne les ai vues que bleues, quelquefois d'un bleu pâle, d'un bleu foncé, mais constamment bleues et tous les jours bleues. »

NOTE XXXII.

Le P. Scherffer publia en 1765 un petit ouvrage dans lequel il expose des conjectures très-plausibles sur la nature et sur les causes des couleurs accidentelles. Il commence par rapporter les expériences de Buffon; il atteste leur conformité avec les siennes, et s'attache ensuite à en donner l'explication.

Je vais faire connoître à mes lecteurs la manière de raisonner du P. Scherffer, et en même temps un des principaux phénomènes qui regardent les couleurs accidentelles.

Lorsqu'un de nos sens éprouve deux impressions, dont l'une est vive et forte, tandis que l'autre est foible, nous ne sentons point celle-ci. Cela doit avoir lieu principalement quand elles sont toutes deux de la même espèce, ou quand une action forte d'un objet sur quelques sens, est suivie d'une autre de même nature, mais beaucoup moins violente.

Cela posé, si l'on considère fixement pen-

dant quelque temps un carré blanc sur un fond noir, la partie du fond de l'œil sur laquelle se peint la figure blanche, sera, pour ainsi dire, fatiguée par l'abondante réflexion des rayons, tandis que le reste de la rétine souffre très-peu de la foible lumière que renvoie la surface noire. Qu'on cesse ensuite de regarder le carré blanc pour considérer à côté quelqu'autre endroit du fond noir, l'impression de la lumière renvoyée par cet endroit, agira avec beaucoup moins de force sur la partie qui avoit été occupée par la figure blanche, et dans laquelle les moindres nerfs sont affoiblis, qu'elle n'agira sur le reste de l'œil, qui éprouvera conséquemment un plus haut degré de sensation. C'est cette inégalité qui fait que nous trouvons la tache que nous croyons voir, beaucoup plus noire que le fond sur lequel nos yeux sont fixés, et que sa grandeur et sa configuration nous paroissent les mêmes que précédemment, pourvu que l'endroit où nous la voyons soit aussi distant de l'œil que l'étoit la figure blanche. Cette tache nous paroîtra bien plus noire encore et plus nette, si, après avoir considéré la figure blanche, nous regardons, non une surface noire, mais un fond blanc; la lumière plus forte de ce fond frappera d'autant plus vivement les fibres qui

sont encore fraîches, et la sensation de celles qui sont fatiguées en deviendra d'autant moins sensible.

On remarquera au contraire sur un fond blanc, ou même noir, une tache bien plus claire et plus luisante, après avoir considéré fixement une figure noire sur une surface blanche; car alors la forte réflexion de cette surface affecte l'œil vivement ; et il n'y a que la partie qui a reçu l'image de la figure noire, qui ne s'affoiblit pas : cette partie est donc la seule qui soit en état de ressentir ensuite vivement la blancheur du papier, tandis que l'impression que les autres parties reçoivent est insensible. Si l'on regarde sur un fond noir, il arrivera de même que les parties qui ne sont point affoiblies se sont affectées davantage ; et l'effet de cette lumière, quelque foible qu'elle soit, ne laissera pas d'être une sensation plus forte que celle qu'éprouve la partie affoiblie.

En voilà assez, je pense, pour piquer la curiosité des lecteurs, et leur inspirer le desir de lire l'excellente brochure du P. Scherffer.

NOTE XXXIII.

Quoique défenseur zélé de la doctrine de Descartes, le cardinal de Polignac goûta la théo-

rie de Newton sur les couleurs; il fit répéter avec d'excellens prismes, les expériences du physicien anglais; elles eurent le plus grand succès. Ce prélat avoit projeté de donner place dans son Anti-Lucrèce, à cette nouvelle doctrine ; mais la mort l'empêcha d'effectuer son projet.

NOTE XXXIV.

Privat de Molières, né à Tarascon en 1677, mort en 1742, étoit professeur au Collége royal, lorsqu'il publia ses Leçons de Physique : tout dans cet Ouvrage respire le cartésianisme. Les propriétés de l'air, la lumière, les couleurs, en un mot tous les phénomènes célestes et terrestres sont rappelés à la mécanique ainsi que les tourbillons de Descartes, que Molières a modifiés. Les tourbillons de Molières et surtout ceux de la seconde espèce, ses globules élastiques furent attaqués en 1740 par Sigorgne, physicien habile et aguerri sous les étendards de Newton. De Launai, disciple de Molières, se présenta pour les défendre; mais cet athlète peu vigoureux, et qui d'ailleurs soutenoit une mauvaise cause, ne rapporta du combat que la honte de la défaite.

NOTE XXXV.

Clairaut fit part à l'Académie des Sciences,

du défaut de conformité qu'avoient ses calculs avec la loi de la gravitation. Ce n'est point la faute de la loi, lui répondit Buffon, c'est la faute de vos calculs. Clairaut refit ses calculs avec plus de soin; et loin de contrarier la loi de la gravitation, ils servirent à en confirmer l'existence.

NOTE XXXVI.

Les chimistes connoissoient, sous le nom d'*affinité*, la tendance qu'ont les molécules des corps à s'approcher les unes des autres, et à s'unir plus ou moins étroitement, lorsque la distance qui les sépare est insensible. On préfère aujourd'hui de désigner cette tendance, ou plutôt cette force, par le nom d'*attraction moléculaire*, et cette préférence est fondée sur ce que ce dernier nom est simple, qu'il ne suppose rien, qu'il exprime seulement ce qui frappe nos sens, lorsque cette force est en action, tandis que le mot *affinité* est consacré, depuis l'époque de son origine, à exprimer, tantôt des rapports moraux, tantôt des êtres métaphysiques, tantôt des liaisons qui avoisinent la parenté.

NOTE XXXVII.

Les plantes privées du contact de la lumière sont

sont fades, blanches, étiolées, tandis que celles qui sont exposées à son action ont de la couleur et une saveur plus ou moins considérables; cela vient sans doute de ce que la lumière décomposant l'eau, se combine avec l'oxigène qu'elle fluidifie, tandis que l'hydrogène fournit aux plantes qui l'attirent, un de leurs principes constituans, dont elles reçoivent en grande partie la combustibilité et la saveur. Le carbone, autre principe élémentaire des plantes, leur est aussi offert par la décomposition de l'acide carbonique opérée par la lumière qui, en s'emparant de l'oxigène, isole le carbone, et favorise ainsi la tendance qu'ont les végétaux à s'approprier cette substance combustible. Ces faits ne permettent pas de douter que la lumière est un corps, et qu'il existe entre ce fluide et l'oxigène une attraction considérable. C'est sans doute en vertu de cette force, que les rayons solaires font passer l'acide nitrique à l'état d'acide nitreux, et l'acide muriatique oxigène à l'état d'acide muriatique, en leur enlevant une portion de leur oxigène.

NOTE XXXVIII.

On appelle lunette achromatique, une lu-

nette au travers de laquelle on n'apperçoit aucune des couleurs de l'iris. Lorsque Dollon eut exécuté avec succès ces sortes de lunettes, de grands géomètres, parmi lesquels on distingue Euler, Clairaut, d'Alembert, s'occupèrent d'en perfectionner la théorie.

Différens moyens furent proposés pour faire évanouir l'aberration de réfrangibilité. Le premier consiste à faire varier les rayons de la courbure des surfaces réfringentes, et la grandeur de l'ouverture qu'on peut leur donner. Mais comme il est très-difficile, peut-être même impossible de se procurer plusieurs morceaux de verre d'une densité parfaitement égale, quoique de la même espèce, on ne peut pas toujours employer les courbures indiquées par les géomètres.

Euler proposa un moyen ingénieux et plus simple que le précédent; voici en quoi il consiste :

Toutes les images colorées, produites par la séparation des rayons différemment réfrangibles, sont situées à des distances différentes sur l'axe; elles sont inégales en grandeur, et les plus voisines de l'œil sont les plus petites : si donc on imagine une ligne qui rase l'extrémité de toutes les images, elle ira joindre l'axe dans un point;

et l'œil placé dans ce point, verra l'image la plus voisine de lui, couvrir toutes les autres; et comme le mélange de tous les rayons colorés forme le blanc, il n'appercevra plus de couleur, quand même il ne seroit pas possible de réunir toutes les images colorées. Il ne s'agit donc que de déterminer le point de l'axe où l'œil doit être situé, pour que la confusion causée par les différentes couleurs, s'évanouisse entièrement; et Euler parvient à cette détermination par un procédé facile qu'il expose avec clarté, dans un Mémoire imprimé dans les Recueils de l'Académie des Sciences de Paris, année 1765.

NOTE XXXIX.

L'expérience des tubes capillaires peut servir visiblement de passage pour arriver à l'explication d'un grand nombre de phénomènes dont nous sommes chaque jour les témoins. Une bûche plongée dans l'eau par une de ses extrémités, s'imbibe de cette eau dans toute sa longueur; la sève s'élève des racines d'un arbre jusqu'aux extrémités de ses branches; un morceau de sucre plongé par une extrémité dans un liquide, se trouve en un instant humecté jusqu'à l'autre extrémité. La mêche de coton attire de bas en haut l'huile d'une lampe, etc.

Ces phénomènes et un grand nombre d'autres semblables, qu'il me seroit facile de citer, dépendent évidemment de la capillarité.

NOTE XL.

Les premiers physiciens ont prétendu que la colonne d'air répondant à l'ouverture d'un tube capillaire, ne pressoit pas de tout son poids la surface du liquide contenu dans ce tube, parce que les parties de l'air, qu'ils supposoient crochues et embarrassées les unes dans les autres, étoient soutenues par les parois intérieures du tube : ils ajoutaient que plus le diamètre du tube étoit petit, plus l'embarras et le frottement à vaincre par les particules d'air, qui devoient s'insinuer dans l'orifice supérieur du tube, étoient considérables; et que conséquemment sa pression sur la surface du liquide diminuoit à proportion. D'un autre côté, l'atmosphère agissant avec tout son poids à l'extérieur sur les colonnes du vaisseau, rendoit ces colonnes prépondérantes. Celle qui correspondoit à l'orifice du tube, étoit donc sollicitée à s'y insinuer, parce qu'elle éprouvait moins de résistance de ce côté là, et plus de pression de l'autre.

Jacques Bernoulli essaya de rectifier cette première hypothèse, en supposant que les par-

ties de l'air sont comme de petits globules dont un certain nombre peut remplir exactement la capacité du tube. Il concevoit que si son diamètre est trop petit pour que ces globules puissent être rangés les uns auprès des autres sur une ligne droite, ils s'élèvent vers les bords, y laissent un vide, y pressent moins que vers le milieu, forment une courbe, et font prendre à l'eau qui se moule sur ces globules, une surface concave. Mais comme l'air agit plus librement au dehors, la pression supérieure de l'atmosphère oblige l'eau de s'élever dans le vide des globules vers les bords du tube.

Daniel Bernoulli substitua aux globules d'air les ballons de la matière éthérée. Ces ballons ne peuvent, selon lui, remplir exactement l'orifice d'un tube capillaire, parce qu'ils sont plus gros que les molécules d'eau, etc.

Enfin Hartsoeker, qui admettoit la pression de l'air pour agent principal, envisageoit le phénomène sous un autre point de vue. Il tâchoit d'expliquer ce mécanisme, en supposant que l'eau qui mouille le verre, s'élève un peu autour de la portion circulaire des parois du tube qui se trouve au-dessus de sa surface, parce que l'air y fait moins d'effort que dans

le milieu. On conçoit que l'air pressant davantage dans le milieu de la surface de l'eau, l'élève vers les bords où son action est moindre. C'est aussi pour cette raison qu'elle prend cette figure concave.

NOTE XLI.

Demairan pense que tous les corps, ou du moins la plupart, sont enveloppés d'une atmosphère, de même que l'aimant, et qu'un tourbillon de matière subtile circule dans leurs pores; si la matière subtile se meut de la même manière dans les deux corps, de façon que des deux corps il puisse s'en former un, ils s'attireront comme l'aimant et le fer, ou ils s'appliqueront immédiatement l'un sur l'autre. C'est par là, selon Demairan, que l'eau mouille le verre, qu'elle y adhère, et que le mercure ne le mouille pas et ne s'y attache pas.

Ce dernier effet a lieu, parce que les tourbillons atmosphériques du mercure et du verre, se combattant, laissent un espace vide entre eux; cet espace, lorsqu'il y a du mercure dans un tuyau, va en augmentant du bas vers le haut, parce que l'effort du poids de la colonne de mercure presse davantage contre les parois du verre vers le bas, et surmonte en partie l'op-

position des tourbillons. De là il résulte que l'espace où ces tourbillons se repoussent est une espèce de coin dont la pointe est en bas. De là vient aussi la convexité de la surface supérieure du mercure qui s'élève un peu vers le milieu, parce qu'à ses bords elle est plus repoussée.

L'hypothèse de Demairan, et celle dont j'ai parlé dans la note précédente, vont visiblement se briser contre l'écueil de l'expérience qui fait observer le phénomène des tubes capillaires dans le vide.

NOTE XLII.

Vossius a eu recours, le premier, pour expliquer les phénomènes de la capillarité, à l'adhérence des liqueurs contre les parois des tubes. Il prétendit que l'eau étant naturellement visqueuse, s'attachoit au verre en vertu de cette propriété, et en étoit soutenue. Les parties de l'eau ainsi suspendues par leur adhérence à la surface du verre, ne pressoient pas, selon lui, sur les molécules inférieures, mais sur le verre contre lequel elles restoient pour ainsi dire collées. Ainsi lorsqu'on plonge l'orifice d'un tube capillaire dans un liquide, les premières gouttes qui s'y insinuent par leur viscosité, ne pressent

pas sur celles qui suivent : ces secondes gouttes n'étant pas surchargées du poids des premières, s'élancent contre elles avec avantage, et les soulèvent au-dessus du niveau du reste du liquide.

Borelli ne s'est point borné à cette seule adhérence de l'eau aux parois du verre, il a employé un autre mécanisme. Suivant ce physicien, le contact des molécules de l'eau avec la surface du verre est très-considérable dans les tubes capillaires. Ainsi, lorsqu'une goutte d'eau s'insinue dans l'orifice de ces sortes de tubes, le contact de la surface cylindrique intérieure de cet orifiçe est plus que suffisant pour l'élever; son effet s'étend aussi à la goutte qui suit immédiatement. Par cette suspension successive des molécules de liquide, qui correspondent à l'orifice du tube, la colonne qu'elles forment est moins pesante que celles qui lui sont collatérales. Celles-ci doivent soulever la première dont l'ascension est d'ailleurs favorisée par les inégalités des parties intérieures du verre, ainsi que par un certain mouvement de vibration et de rotation qui a lieu dans les molécules de l'eau.

Carré prétend, comme Vossius, que l'eau monte dans les tubes capillaires et s'y élève au-

dessus de son niveau, parce que mouillant les parois intérieures du tube, elle y est en partie soutenue par son adhérence ; mais il reconnoît que cette adhérence ne suffit pas. Il a recours, comme Borelli, à la pression des colonnes collatérales qui agissent comme force motrice pour opérer l'ascension des liqueurs ; et voici comme il imagine que ce mécanisme s'exécute.

Lorsqu'on plonge des tubes capillaires dans un vase plein d'eau, les gouttes qui s'insinuent dans leurs orifices étroits, s'attachent à la surface intérieure de la portion circulaire qui les forme. Elles y sont soutenues en grande partie par leur adhérence, et deviennent conséquemment d'autant moins pesantes par rapport à toute l'eau extérieure. Cette colonne d'eau qui est contenue dans la capacité cylindrique du tube capillaire, étant soutenue par l'adhérence, devient plus légère ; elle pèse moins sur le fond du vaisseau que les autres colonnes extérieures au tube ; et conséquemment le poids supérieur de ces dernières doit élever celle qui s'insinue dans le tube, à une hauteur où elle recouvrera par une plus grande quantité d'eau, ce qu'elle a perdu de son poids par son adhérence. Carré concluoit de là que plus le diamètre du tube est petit, et plus il est plongé profondément dans

l'eau, plus l'eau doit s'élever au-dessus du niveau.

NOTE XLIII.

L'hypothèse de Hauksbée ne diffère de celle de Carré que par l'agent principal. L'attraction dans l'hypothèse de Hauksbée et l'adhérence dans celle de Carré jouent exactement le même rôle; et comme il est aujourd'hui généralement reconnu que l'adhérence est un phénomène d'attraction, on ne peut être surpris que ces deux physiciens aient été conduits aux mêmes conséquences. Ils ont cru, l'un et l'autre, que plus l'immersion du tube seroit profonde, plus la hauteur de l'élévation de l'eau au-dessus de son niveau seroit considérable, ce qui est contraire à l'expérience. Hauksbée qui admet l'action des colonnes extérieures comme un supplément à l'attraction, n'est pas plus fondé que Carré, qui a recours au même mécanisme pour suppléer à l'adhérence, puisque l'eau s'élève dans les tubes sans que ces colonnes extérieures agissent ou puissent agir.

NOTE XLIV.

Weibrecht a exposé dans un beau Mémoire que renferme dans le tome 8 du Recueil de

l'Académie de Pétersbourg, une hypothèse ingénieuse et satisfaisante sur les tubes capillaires. Je vais en donner une idée suffisante pour inspirer à mes lecteurs le desir de lire le Mémoire du physicien de Pétersbourg.

Premier Principe.

Les molécules de l'eau s'attirent mutuellement.

Deuxième Principe.

L'eau est attirée par le verre.

Troisième Principe.

L'attraction du verre pour l'eau est plus grande que celle de l'eau pour elle-même.

Quatrième Principe.

Les molécules du mercure s'attirent mutuellement.

Cinquième Principe.

Le verre a de l'attraction pour le mercure.

Sixième Principe.

Le verre a moins d'attraction pour le mercure, que le mercure n'en a pour lui-méme.

Tous ces principes sont donnés par l'expérience. Weibrecht en tire des conséquences rigoureuses. Il analyse avec sagacité les forces qui se combinent ou se combattent dans la production des phénomènes capillaires, et parvient par une suite de raisonnemens enchaînés par le lien puissant de la méthode, à l'explication des effets que présentent les tubes capillaires, soit qu'ils soient plongés dans les liquides tels que l'eau, l'alcool, etc., soit qu'on les plonge dans le mercure ou dans les métaux fondus (1).

NOTE XLV.

Lorsque les distances du corps lucide croissent suivant la série naturelle des nombres, l'intensité de la lumière suit la progression 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$. Telle est la loi de l'affoiblissement de la lumière sous le rapport de la distance. Elle étoit connue depuis long-temps, lorsque Bouguer rechercha quelle seroit la loi de l'affoiblis-

(1) *Voyez* dans le douzième volume des Mémoires de l'Académie de Pétersbourg, un discours de Gellert, où ce physicien donne un détail d'expériences et d'observations faites avec du plomb fondu dans lequel il plongeoit des tubes capillaires de différente longueur et de différent diamètre.

sement de la lumière, considéré par rapport à la densité d'un milieu diaphane et homogène qu'elle auroit à traverser. Il trouva que l'intensité de la lumière suivoit une progressiongéométrique décroissante qui, combinée avec la première, donne la loi générale de l'affoiblissement de la lumière, envisagé soit par rappôrt à la distance, soit par rapport à la densité d'un milieu diaphane et homogène qu'elle auroit à traverser (1).

NOTE XLVI.

Nollet avoit soupçonné, avant Franklin, une sorte de ressemblance entre le tonnerre et l'électricité. Voici comme il s'exprime dans ses Leçons de Physique, tome 4, page 314.

Si quelqu'un entreprenoit de prouver, par une comparaison bien suivie des phénomènes, que le tonnerre est, entre les mains de la nature, ce que l'électricité est entre les nôtres; que ces merveilles, dont nous disposons maintenant à notre gré, sont de petites imitations de ces grands effets qui nous effraient, et que tout dépend du même mécanisme; si l'on fai-

(1) *Voyez* pour plus de détails, mon Traité de Physique, tom. 3, chapitre qui traite de la propagation de la lumière.

soit voir qu'une nuée, préparée par l'action des vents, par la chaleur, par le mélange des exhalaisons, etc., est vis-à-vis d'un objet terrestre, ce qu'est le corps électrisé en présence, et à une certaine proximité de celui qui ne l'est pas: j'avoue que cette idée, si elle étoit bien soutenue, me plairoit beaucoup; et pour la soutenir, combien de raisons spécieuses ne se présentent pas à un homme qui est au fait de l'électricité? l'universalité de la matière électrique, la promptitude de son action, son inflammabilité, et son activité à enflammer d'autres matières; la propriété qu'elle a de frapper les corps extérieurement et intérieurement jusque dans leurs moindres parties; l'exemple singulier que nous avons de cet effet dans l'expérience de Leyde, l'idée qu'on peut légitimement s'en faire en supposant un plus grand degré de vertu électrique, etc; tous ces points d'analogie, que je médite depuis quelque temps, commencent à me faire croire qu'on pourroit, en prenant l'électricité pour modèle, se former, touchant le tonnerre et les éclairs, des idées plus saines et plus vraisemblables que ce qu'on a imaginé jusqu'à présent.

NOTE XLVII.

La clef attachée à l'extrémité du cordon de chanvre tenoit réellement lieu pour Franklin du conducteur de sa machine. Il en tiroit des étincelles comme d'un conducteur fortement électrisé, et il chargeoit des bouteilles de Leyde avec facilité, en présentant à la clef le crochet de la bouteille. Cette clef communiquoit avec le nuage orageux par une corde de chanvre; elle étoit isolée par rapport à Franklin qui la tenoit par un cordon de soie.

NOTE XLVIII.

Richman, professeur à Pétersbourg, fut tué subitement, le 6 août 1753, par un coup de tonnerre, attiré par son appareil dans sa propre chambre, tandis qu'il étoit occupé à faire une expérience. Le professeur s'étoit pourvu d'un instrument qui servoit à mesurer la force de l'électricité; il consistoit en une baguette métallique qui aboutissoit à un petit vase de verre dans lequel il mettoit un peu de limaille de cuivre. Au haut de cette baguette étoit attaché un fil qui pendoit le long de la baguette quand elle n'étoit pas électrisée; mais quand elle l'étoit, il s'en tenoit éloigné de manière à former un angle au point où il étoit attaché. Pour me-

surer cet angle, Richman avoit un quart de cercle fixé à l'extrémité de la baguette de fer.

Il étoit occupé à observer l'effet de l'électricité des nuages sur cet instrument à l'approche d'un orage; et conséquemment il étoit debout, la tête penchée dessus; Solokow, graveur, qui étoit à côté de lui, remarqua un globe de feu d'environ trois pouces de diamètre s'élançant de la baguette de l'instrument vers la tête du professeur qui se trouvoit alors à environ un pied de distance de la baguette. Ce feu renversa et tua Richman; et Solokow ne put donner aucun détail circonstancié de la manière dont il en fut aussitôt affecté.

Le globe de feu fut accompagné d'une forte explosion : le fil de fer qui transmettoit l'électricité à la baguette métallique, se brisa, et les débris réjaillirent sur les habits de Solokow. Le vase de verre qui renfermoit la baguette de l'instrument éprouva aussi l'accident de la rupture; et la limaille qu'il contenoit fut dispersée dans la chambre.

NOTE XLIX.

La tourmaline est une pierre qui cristallise en prismes ordinairement à neuf pans, terminés par sommets à trois, six, neuf faces ou davantage

davantage. Les Hollandais la nomment *aschen-treker* (tire cendres), parce qu'elle attire les cendres quand on l'approche du feu. Linnée l'appelle *Lapis electricus.*

NOTE L.

Plusieurs voyages aériens effectués avec succès, inspirèrent à Pilatre Derosier le desir d'une entreprise plus hardie. Il projeta un voyage en Angleterre, avec le même courage qui, quelques années avant, l'avoit porté à s'élancer dans les airs.

Le 13 juin 1785, il partit de Boulogne avec un compagnon de voyage. La machine qui les portoit s'éleva d'abord à une assez grande hauteur; mais on la vit bientôt après se précipiter avec rapidité sur la terre. Les deux malheureux voyageurs furent fracassés; ils périrent victimes de leur zèle et dignes d'un meilleur sort.

Ce fâcheux événement jeta la consternation dans les esprits ; ceux qui n'étoient pas physiciens, l'attribuèrent aux principes aérostatiques; mais l'examen des circonstances ne tarda pas à dissiper tous ces doutes, en montrant que des précautions mal prises en étoient la seule cause; et l'on continua d'entreprendre des voyages aérostatiques, qui se sont de nos

jours tellement multipliés, que dans les principales villes de l'Europe, un voyage aérien n'est plus qu'un spectacle ordinaire.

NOTE LI.

Le bélier hydraulique est une machine composée principalement d'un tuyau vertical assemblé à angle droit, à un tuyau horizontal de même diamètre et à l'extrémité duquel sont deux soupapes; d'un récipient ajusté à l'extrémité du tuyau horizontal au-dessus d'une des soupapes; enfin d'un tuyau d'ascension qui descend dans le récipient.

Chaque fois qu'une des soupapes se ferme on entend un bruit semblable à celui d'un coup de marteau; ce qui a engagé l'inventeur à lui donner le nom de *bélier hydraulique*.

On trouvera dans mon Traité de Physique la théorie de cette machine, avec une description détaillée des élémens qui la composent.

NOTE LII.

La force de torsion est l'effort que fait un fil qui a été tordu pour revenir à son premier état.

Soit un fil de matière quelconque, attaché

par une de ses extrémités à un point fixe, tandis que l'autre extrémité soutient un petit levier par son milieu. Si l'on fait tourner autour de ce point le petit levier qui étoit d'abord en repos, il décrira des arcs de cercle par ses deux extrémités, et en même temps le fil se tordra d'un nombre de degrés égal à celui que renferme chacun de ces arcs. A présent, si l'on veut que le fil conserve cet état de torsion, il est visible qu'il faut appliquer à l'une ou à l'autre des extrémités du levier, une force qui balance l'effort que fait le fil pour recouvrer l'état où il étoit lorsque le levier étoit en repos.

Coulomb a prouvé que, toutes choses égales d'ailleurs, cet effort, ou la force de torsion est proportionnelle à l'angle de torsion, c'est-à-dire à l'arc que décrit chaque extrémité du levier, du moment qu'il quitte son état de repos, de manière que s'il faut appliquer une force comme 1, par exemple, pour maintenir le fil dans son état de torsion, lorsque l'extrémité du levier a parcouru un arc de 10 degrés, il faudra, pour produire le même effet, appliquer à l'extrémité du levier, une force comme 3, lorsque cette extrémité décrira un arc de 30 degrés.

NOTE LIII.

La balance électrique de Coulomb se compose d'une grande cage de verre de forme cubique, dont la plaque supérieure est percée dans son milieu, d'une ouverture destinée à recevoir un tube de verre qui s'élève verticalement : ce tube est terminé, dans sa partie supérieure, par une garniture de cuivre, composée de plusieurs pièces qui s'emboîtent les unes dans les autres. Le tout est surmonté d'une boule de cuivre, attachée à une tige mobile par frottement, et dont la partie inférieure est garnie d'une pince qui saisit un fil délié de métal auquel est suspendu un levier très-léger. L'un des bras de ce levier est fait d'un fil de soie, enduit de gomme-laque, et terminé par un petit plan circulaire de papier doré; l'autre bras est un petit cylindre de cuivre, qui n'a que la longueur nécessaire pour que le levier se tienne dans une situation horizontale. Pour tordre le fil d'un certain nombre de degrés, il suffit de faire tourner un cercle de cuivre qui dans son mouvement de rotation entraîne la tige à laquelle le levier est suspendu; et l'on mesure la quantité de la torsion, au moyen de la graduation adaptée à la garniture.

NOTE LIV.

L'électromètre imaginé par Henley consiste en un demi-cercle d'ivoire, soutenu par une petite colonne de bois et dont le centre porte une tige légère et très-mobile, avec une petite balle de moelle de sureau. Le petit pendule s'écarte plus ou moins de la colonne verticale, suivant le degré de vertu électrique des corps avec lesquels elle communique.

L'électromètre de Lane n'est autre chose qu'une colonne de bois, fixée près du conducteur, et traversée par une vis de métal terminée par une boule. La vis parcourt une demi-ligne à chaque révolution ; et la force électrique se mesure par l'espace qui sépare le conducteur de la boule, quand elle en tire des étincelles.

L'électromètre de Cavallo est composé d'une espèce de flacon de verre, qui a pour base une plaque de cuivre, et dont la partie supérieure porte une boule de cuivre à laquelle sont suspendues, par le moyen de deux charnières, deux balles de moelle de sureau d'un très petit diamètre.

L'électromètre de Bennet consiste en un flacon de cristal dont on a scié la base pour lui en substituer une de cuivre, dans laquelle on

a mastiqué le flacon. Son goulot est muni d'une virole en cuivre, disposée de manière à recevoir une petite tige, à laquelle sont suspendues parallèlement deux feuilles d'or battues, à l'aide d'un anneau de fil métallique très délié, qu'on introduit dans la partie supérieure. Un des côtés du flacon présente une graduation.

Après l'électromètre de Coulomb, celui de Bennet est le plus sensible de tous ceux qui ont été imaginés.

NOTE LV.

Après avoir électrisé un cylindre de bois solide et percé de plusieurs trous, Coulomb porte à sa surface un bâton de résine laque d'une ligne de diamètre, à l'extrémité duquel est fixé un cercle de papier doré d'une ligne et demie de diamètre; il le retire ensuite pour le présenter à son électromètre; l'aiguille de cet instrument est chassée avec force.

Le petit disque de papier doré est porté au fond d'un des trous qu'on a pratiqués dans le cylindre de bois; Coulomb l'en retire avec la précaution de ne pas lui faire toucher les bords du trou. Dans cet état il le présente à l'électromètre; celui-ci ne donne aucun signe d'électricité.

Ces expériences qu'on peut répéter sur un conducteur quelconque et particulièrement, ainsi que l'a fait Coulomb, sur une sphère creuse de métal, percée d'une orifice pour y introduire le bâton de résine laque qui isole le cercle de papier doré ; ces expériences, dis-je, prouvent visiblement que le fluide électrique ne pénètre pas dans l'intérieur des corps conducteurs, mais qu'il se tient entièrement à leur surface.

Puisque le fluide électrique libre se tient entièrement à la surface des corps conducteurs, il est évident que la densité électrique ne peut être autre chose que la quantité d'électricité accumulée sur une surface donnée, et conséquemment on doit la mesurer en général par la masse électrique divisée par la surface.

Il suit aussi du même principe, que le fluide électrique libre, ne pénétrant pas dans l'intérieur des conducteurs, il ne peut y être à l'état de tension, et que c'est improprement que quelques physiciens ont substitué ce dernier mot à celui de densité électrique.

NOTE LVI.

Muschembroek avoit prouvé, par des expériences faites avec son tribomètre, que, toutes

choses égales d'ailleurs, deux corps homogènes éprouvent souvent plus de frottement que deux corps différens; et Camus avoit conclu de ses propres expériences, qu'il y a dans les frottemens une différence produite par la nature des enduits, et que cette différence varie en raison des substances frottantes.

Coulomb a fait ensuite sur le même objet une longue suite d'expériences ingénieuses et exactes, dont le détail est étranger à cet Ouvrage. Je me borne à en présenter les résultats.

1°. Le frottement des bois glissant à sec sur le bois, oppose, après un temps suffisant de repos, une résistance proportionnelle aux pressions: cette résistance augmente sensiblement dans les premiers instans de repos; mais après quelques minutes, elle paroît ordinairement à son *maximum*.

2°. Lorsque les bois glissent à sec sur les bois avec une vitesse quelconque, le frottement est encore proportionnel aux pressions; mais son intensité est beaucoup moindre que celle que l'on éprouve en détachant les surfaces après quelques instans de repos; on trouve que la force nécessaire pour détacher et faire glisser deux surfaces de chêne, après quelques minutes de repos, est à celle nécessaire pour

vaincre le frottement, lorsque les surfaces ont déjà un degré de vitesse quelconque, à peu près :: 9 : 2.

3°. Le frottement des métaux glissant sur les métaux sans enduit, est également proportionnel aux pressions; mais son intensité est la même, soit qu'on veuillu détacher les surfaces après un temps quelconque de repos, soit qu'on veuille entretenir une vitesse uniforme quelconque.

4°. Les surfaces hétérogènes, telles que le bois et les métaux glissant l'un sur l'autre, sans enduit, donnent par leur frottement des résultats très-différens de ceux qui précèdent; car l'intensité de leur frottement, relativement au temps du repos, croît lentement, et ne parvient à sa limite, qu'après quatre à cinq jours et quelquefois davantage; au lieu que dans les métaux elle y parvient dans un instant; et dans le bois, dans quelques minutes: cet amortissement est même si lent, que la résistance du frottement dans les vitesses insensibles est presque la même que celle que l'on surmonte en ébranlant ou détachant les surfaces après quelques jours de repos. Ce n'est pas encore tout; dans les bois glissant sans enduit sur les bois et dans les métaux glissant sur les métaux,

la vîtesse n'influe que très-peu sur les frottemens; mais ici les frottemens croissent très-sensiblement à mesure que l'on augmente la vîtesse, ensorte que le frottement croît à peu près suivant une progression par différence, lorsque les vîtesses croissent suivant uue progression par quotient.

FIN.

TABLE DES CHAPITRES

CONTENUS DANS LE TROISIÈME VOLUME.

FIN DE LA TABLE DES CHAPITRES.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LE TROISIÈME VOLUME.

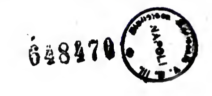
A

B

que

G

H


648470

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Notice abrégée des principaux Livres de fonds composant la Librairie de Mme Ve Courcier, Imprimeur-Libraire, quai des Augustins, n° 57.

LAPLACE, Chancelier du Sénat, etc., etc. Traité de Mécanique céleste, 4 vol. in-4. 66 fr.
— Exposition du Système du Monde, 3e édit., rev. et augm., in-4., 1808, avec le portrait de l'Auteur. 15 fr.
— Le même ouvrage, 2 vol. in-8, sans portrait. 12 fr.
LAGRANGE, Sénateur, etc. Calcul des fonctions, ou cours d'Analyse sur le Calcul infinitésimal, in-8. 6 fr. 50 c.
— De la résolution des Equations numériques de tous les degrés, etc., nouv. édit., revue, corrigée et considérabl. augm., in-4., 1808. 12 fr.
— Mécanique analytique, nouv. édit., revue et augm. par l'auteur, in-4., tome 1er, 24 fr., dont 6 fr. sont à valoir sur le 2e vol., qui paraîtra incess.
LACROIX, Membre de l'Instiiut, etc. Cours complet de Mathémat., ouvrage adopté par l'Université imp. pour l'usage des Lycées, 8 vol. in-8. 33 fr. 50 c.
— Traité du Calcul différentiel et intégral, 2e édition, revue, corrigée et augmentée, 3 vol. in-4. 60 fr.
Le premier volume paraît, et se vend séparément, 20 fr.
HAUY. Tableau comparatif des résultats de la Cristallographie et de l'Analyse chimique, relativement à la classification des minéraux, in-8. 5 fr. 50 c.
— Traité élémentaire de Physique, 2 vol. in-8., 2e édit. 12 fr.
MONTUCLA. Histoire des Mathématiques, 4 v. in-4. 63 fr.
POISSON, Professeur à l'Ecole Polytech. Traité de Mécanique, 2 vol. in-8., 1811. 12 fr.
PUISSANT. Traité de Géodésie, ou exposition des méthodes astronomiques et trigonométr., appliquées à la mesure de la terre, in-4., 8 pl., 1805. 18 fr.
— Traité de Topographie, d'Arpentage et de Nivellement, avec un supplément, in-4. 18 fr.
BERTHOUD, Mécanicien de la Marine, etc. Collection complète de ses ouvrages sur l'Horlogerie.
LEFÈVRE, Ingénieur-Géomètre. Nouveau Traité géométrique de l'Arpentage, 3e édit., revue et augm., 2 vol. in-8., 1811, 25 pl. 12 fr.
REYNAUD, Examinateur des Candidats de l'Ecole Polytech., etc. Elémens d'Algèbre, précédés de l'Intr. à l'Algèbre, 1re sect., 3e éd., in-8. 5 fr.
— Elémens d'Algèbre et Introd. au Calcul différentiel, 2e sect., in-8. 5 fr.
— Trigonom. analytique, suivie des Tables de Log. de Lalande, in-8. 2 fr. 50 c.
— Manuel de l'Ingénieur du Cadastre, par Pommiès et Reynaud, in-4. 12 fr.
— Notes sur le Traité d'Arpentage de Lagrive, etc., in-8. 5 fr.
— Arithm. de Bezout, avec des notes très-étend., etc., 6e éd., in-8., 1811. 3 fr.
— Géom. de Bezout, rev. par le même, et augmentée de notes, etc. 5 fr.
— Arithmétique à l'usage des Elèves qui se destinent à l'Ecole Polytechnique, sixième édition, in-8. 2 fr. 50 c.
— Algèbre de Bezout, avec notes (sous presse).
LEGENDRE, Membre de l'Institut, etc. Exercices de Calcul intégral, in-4., 1811. 20 fr.
— Essai sur la Théorie des Nombres, in-4., 2e édit. 18 fr.
— Nouvelles Méthodes pour la déterminat. des orbites des Comètes, in-4. 6 fr.
CARNOT, Membre de l'Institut, de la Légion d'Honneur, etc. Géométrie de position, in-4., pap. vélin, 1803. 18 fr.
— De la défense des places fortes, ouvrage composé par ordre de S. M. I. et R., pour l'Instruction des élèves du Corps du Génie, 2e édit., 1811, in-8. 6 fr.
— De la corrélation des figures de Géométrie, in-8., an 9, gr. pap. 3 fr.
Connaissance des Temps, à l'usage des Astronomes et des Navigat., publié par le Bureau des Longitudes pour l'année 1812, avec additions, br. 6 fr.
— *Id.*, 1813, sans additions., 3 fr.

BEZOUT. Cours complet de Mathématiques à l'usage de la Marine, de l'Artillerie et des Elèves de l'Ecole Polytechnique, 7 vol. in-8., édit. rev. et augm. par MM. Garnier, ex-professeur à l'Ecole Polytech., etc., et Reynaud, examinateur des Candidats de l'Ecole Polytech., etc. 31 fr.

Chaque volume se vend séparément, savoir:

Arithmétique, avec des notes fort étendues, 6e édit. 3 fr. — Géométrie, 5 fr. — Algèbre de Bezout, nouvelle édit., revue par Reynaud (sous presse), — Mécanique, 2 vol. in-8., 10 fr. — Traité de Navigation, augm., in-8., 5 fr. — Notes et Addit. aux 3 premières sect. du Traité de Navigat. de Bezout, par Reboul, in-8., 3 fr.

GARNIER, ex-Professeur à l'Ecole Polytech., etc. Traité d'Arithmétique à l'usage des Elèves de tout âge, 2e édit., 1808. 2 fr. 50 c.

— Elémens d'Algèbre à l'usage des Aspirans à l'Ecole Polytech., in-8. 5 fr.

— Suite de ces Elémens, 2e partie. Analyse algébrique, in-8. 4 fr.

— Les Réciproques de la Géométrie, etc., in-8., 2e édit., 1810. 5 fr.

— Elémens de Géométrie analytique, in-8. de 300 pag., avec 9 pl. 4 fr.

GAUSS. Recherches arithmétiques, trad. par M. Poulet-de-l'Isle, in-4. 18 fr.

MONGE, Sénateur, etc. Traité élémentaire de Statique à l'usage des Ecoles de la Marine, in-8., 5e édit., revue par M. Hachette. 3 fr. 25 c.

LIBES. Histoire philosophique des progrès de la Physique, 3 vol. in-8., 1810 et 1812. 15 fr.

Le tome 3 se vend séparément, 5 fr.

— Traité complet de Physique (sous presse).

DELAMBRE, Secrét. perpétuel de l'Institut et de la Légion d'Honneur, etc. Methode analytique pour la détermínat. d'un arc du méridien, in-4. 7 fr.

— Tables astronomiques publ. par le Bureau des Longit., 1re partie; Tables du Soleil par M. Delambre, Tables de la Lune, par M. Burg, 1806, in-4. 18 fr.

— Tables astronom. publ. par le Bureau des Longit.; nouv. Tables de Jupiter et Saturne, par M. Bouvard; nouv. Tables écliptiques des Satellites de Jupiter, par M. Delambre, in-4., 1808. 18 fr.

— Astronomie théorique et pratique, 3 vol. in-4. (sous presse).

THIOUT. Traité d'Horlogerie, 2 vol. in-4. 36 fr.

LEPAUTE, Horloger du Roi. Traité d'Horlogerie, etc., in-4, 17 pl. 24 fr.

CAGNOLI. Traité de Trigonom., nouv. éd., revue par Chompré, in-4. 18 fr.

BARRUEL, Professeur à l'Ecole Polytechnique. Tableaux de Physique, ou Introduction à cette science, à l'usage des Elèves de l'Ecole Polytechnique; nouvelle édition, entièrement refondue et augmentée, in-fol., 1806. 10 fr.

CHLADNI. Traité d'Acoustique, in-8., 1809. 7 fr. 50 c.

EULER. Elémens d'Algèbre, nouv. édit., revue par MM. Lagrange et Garnier, 2 vol. in-8. 12 fr.

HOMASSEL. Cours de Teinture théorique et pratique, nouvelle édition, revue par M. Bouillon-Lagrange, in-8. 5 fr.

VOLNEY, Sénateur. Voyage en Egypte et en Syrie, 2 vol. in-8., deuxième édition. 12 fr.

— Les Ruines, ou méditat. sur les révolutions des empires, in-8., 4e édit. 6 fr.

— Leçons d'Histoire, nouvelle édit., 1810. 4 fr.

DESTUTT-TRACY. Elémens d'Idéologie, grammaire et logique, 3 vol. in-8. 15 fr.

LACAILLE. Leçons élémentaires de Mathématiques, augmentées par Marie, avec des Notes par M. Labey, etc., in-8, fig. 6 fr. 50 c.

VOIRON. Histoire de l'Astronomie depuis 1781 jusqu'à 1811, pour servir de suite à l'Astronomie de Bailly, in-4., 1811. 12 fr.

On trouve, chez le même Libraire, un assortiment considérable de Livres de Mathématiques, Physique, Astronomie, Architecture, Marine, Chimie, Minéralogie, Littérature, etc.